

**VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky**

**Rekonstrukce pohonu a ovládání šikmého
pásového dopravníku**

**Reconstruction of Coal-conveyer Drive and
Control**

2012

David Kývala

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **David Kývala**
Studijní program: **B2649 Elektrotechnika**
Studijní obor: **3907R001 Elektroenergetika**
Téma: **Rekonstrukce pohonu a ovládání šikmého pásového dopravníku.
Reconstruction of Coal-conveyer Drive and Control**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický rozbor koncepce napájení průmyslových rozvodů
2. Specifika důlních povrchových sítí
3. Možnosti rekonstrukce pohonu a ovládání šikmého pásového dopravníku.
4. Výběr optimální varianty řešení
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Santarius, P.: Elektrické stanice a vedení, Skripta VŠB-TU Ostrava, 1990
2. Hodinka, M.: Přenos a rozvod elektrické energie, SNTL, 1989
3. Trojáněk, Z.: Přechodné jevy v elektrizačních soustavách, SNTL 1987
4. Dohnálek, P.: Ochrany pro průmysl a energetiku, SNTL, 1991
5. Normy, firemní literatura, předpisy a směrnice OKD

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

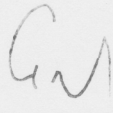
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. Jiří Gurecký**

Datum zadání: 30.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012

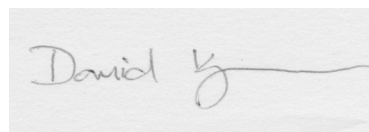

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

**Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně.
Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.**



V Havířově dne 27.4.2012

.....
David Kývala

Poděkování

Rád bych na tomto místě poděkoval váženému panu doc. Dr. Ing. Jiřímu Gureckému za pomoc a rady při vypracovávání této bakalářské práce.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je rekonstrukce šikmého pásového dopravníku na úpravně dolu Darkov. Původní pohon je v současné době již značně zastaralý. Případná údržba, řešení poruchových stavů a výměna jednotlivých částí je časově i finančně příliš náročná. Řada komponentu se již nevyrábí, a proto je nutné z důvodu plynulého provozu, ekonomických úspor a dostupnosti náhradních dílu provést návrh nového pohonu, který bude splňovat jak mechanické tak elektrické parametry nahrazované součásti.

Zároveň musí návrh v plné míře odpovídat současně platným normám, vyhláškám a zákonům vztahujícím se na strojní a elektrické zařízení.

Klíčová slova – Pohon, elektromotor, měnič kmitočtu, odporový spouštěč, dopravník

Abstract

The aim of this work is the reconstruction of the inclined belt conveyor in the milling plant in Darkov mine. The original driving mechanism is already rather out of date now. Any maintenance, troubleshooting, and replacement of individual parts are too expensive and time consuming. Many components are not being produced anymore. Therefore, to ensure smooth operation, cost economies, and availability of spare parts it is necessary to design a new driving mechanism that will meet both the mechanical and electrical parameters of the component being replaced.

At the same time, the design must fully comply with applicable standards, regulations, and law applicable in the area of mechanical and electrical equipment.

Keywords – driving mechanism, electric motor, frequency converter, motor-starting resistor, conveyor

Seznam použitých symbolů a zkratek

β	činitel náročnosti	[-]
$\cos \varphi$	střední účinník	[-]
F_H	hlavní odpory pásového dopravníku	[kN]
F_N	vedlejší odpory pásového dopravníku	[kN]
F_{S1}	přídavné hlavní odpory pásového dopravníku	[kN]
F_{S2}	přídavné vedlejší odpory pásového dopravníku	[kN]
F_{St}	odpor k překonání dopravní výšky pásového dopravníku	[kN]
F_U	Obvodová hnací síla pásového dopravníku	[kN]
I_m	proudový náraz	[A]
I_n	jmenovitý proud	[A]
I_p	výpočtový proud	[A]
η	účinnost	[-]
n	otáčky rotoru	[ot/min]
n_s	synchronní otáčky	[ot/min]
n_n	jmenovité otáčky	[ot/min]
n_{0n}	jmenovité synchronní otáčky	[ot/min]
p	počet pólových dvojic	[-]
P_p	výpočtového zatížení	[kW]
R_r	regulační odpor	[Ω]
s	skluz	[-]
s_k	skluz zvratu	[-]
s_n	jmenovitý skluz	[-]
U	jmenovité fázové napětí	[V]
U_s	sdružené napětí	[V]
v	rychlost pásu	[m/s]
X	reaktance	[Ω]
Z_s	spouštěcí odpor	[Ω]

Obsah

Obsah	2
1 Úvod	1
2 Teoretický rozbor koncepce napájení průmyslových rozvodů [1]	2
2.1 Požadavky na průmyslové silnoproudé rozvody	2
2.1.1 Bezpečnost osob i věcí	2
2.1.2 Provozní spolehlivost	2
2.1.3 Přizpůsobitelnost rozvodného zařízení	3
2.1.4 Přehlednost provozu	3
2.1.5 Rychlé odstranění poruch	3
2.1.6 Estetické požadavky	3
2.1.7 Hospodárnost provozu	3
2.1.8 Hospodárné využití opakovaných celků	4
2.1.9 Hospodárnost ve spotřebě barevných kovů	4
2.2 Druhy průmyslových rozvodů	4
1. Paprskový rozvod:	5
3. Okružní (smyčkový) rozvod	6
4. Hřebenový rozvod	7
6. Dvojpraskový rozvod:	8
2.3 Výpočtové zatížení	9
2.3.1 Výpočtové zatížení pro provozovnu jako celek	9
2.3.2 Výpočtové zatížení pro skupinu spotřebičů	10
2.3.3 Výpočtové zatížení pro jeden spotřebič	10
2.4 Výpočtový proud	10
3 Specifika důlních povrchových sítí	11
3.1 Síť IT	11
3.2 Přednosti sítě IT s kontrolou izolace	11
3.3 Typické oblasti použití	12
3.4 Měřič izolačního stavu sítě [3]	12
3.4.1 IZOMET – Z	12
4 Možnosti rekonstrukce pohonu a ovládání šikmého pásového dopravníku.	14
4.1 Stávající stav	14
4.1.1 Kroužkový motor [2]	14
4.1.2 Odporový spouštěč [5]	17
4.1.3 Ovládání	20
4.1.4 Parametry dopravníku:	21
5 Výběr nového pohonu	22
5.1 Výpočet výkonu motoru pásového dopravníku	22
6 Grafy naměřených hodnot	28

6.1	Porovnání rozběhů původní vs. nový motor.....	28
6.2	Regulace nového pohonu podle vrstvy materiálu.....	30
7	Závěr.....	31
8	Seznam použité literatury a podkladů:	32
9	Seznam příloh.....	I
10	Přílohy	I

1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je rekonstrukce pohonu šikmého pásového dopravníku, který je již v současné době značně zastaralý. Původní pohon se skládá z komponentů, které se již mnohdy na našem trhu nevyskytují. Údržba a případné odstraňování poruch je tím pádem značně náročné.

Dalším rozhodujícím faktorem je také spotřeba, životnost a spolehlivost zařízení. Stávající pohon je řešen asynchronním kroužkovým motorem, který je spouštěn odporovým spouštěčem. Vzhledem k zastaralosti všech částí se jen stěží realizují rozjezdy plně zatíženého dopravníku, v úvahu nepřipadá ani případná regulace otáček podle zatížení.

Veškeré tyto požadavky budou realizovány a uspokojeny pomocí nového pohonu, který se bude skládat z asynchronního motoru, měniče kmitočtu VLT AutomationDrive FC 302, řízení bude realizováno pomocí PLC simatic S7, snímání výšky hladiny materiálu ultrazvuky.

Bakalářská práce je členěna do několika částí. V první části se zabývám koncepcí průmyslových rozvodů, jejích koncepcí, druhy rozvodů, výpočtové zatížení. V další části se věnuji popisu stávajícího zařízení. Teoretický rozbor kroužkového motoru, popis odporového spouštěče. Poslední část je vyhrazena novému pohonu, výpočtu potřebného výkonu dle ČSN ISO 5048, jeho popisu, vyhodnocení a porovnání se stávajícím pohonem.

2 Teoretický rozbor koncepce napájení průmyslových rozvodů [1]

Průmyslové sítě slouží k rozvodu elektrické energie v průmyslovém objektu nebo provozu od hlavní stanice objektu (provozu) k jednotlivým spotřebičům. Napětí obvykle odpovídá napětí spotřebičů (např. 6 kV, 10 kV).

2.1 Požadavky na průmyslové silnoproudé rozvody

2.1.1 Bezpečnost osob i věcí

Elektrická rozvodná zařízení (rozvaděče, instalace a spotřebiče), musí být provedeny tak, aby byla vyloučena možnost náhodného dotyku vodičů, svorek nebo dalších živých částí elektrického rozvodu a zabránilo se tak možnosti úrazu elektrickým proudem nebo ohrožení zdraví osob v nejbližším okolí elektrických předmětů. Dále nesmí při provozu elektrických zařízení dojít k výbuchu, požáru či jinému ohrožení osob nebo majetku.

2.1.2 Provozní spolehlivost

Pojem provozní spolehlivost elektrického silnoproudého rozvodu chápeme jako schopnost tohoto zařízení přenést elektrickou energii v požadovaném množství a kvalitě na dané místo v daném čase. Tento požadavek musí být splněn pomocí správného provedení elektrického silnoproudého rozvodu i přístrojového vybavení. V některých případech to může znamenat zvláštní požadavky na provedení rozvodu, kdy je třeba zajistit dodávku energie důležitým spotřebičům záložním (nezávislým) zdrojem elektrické energie. Z tohoto pohledu rozlišujeme tzv. stupně důležitosti spotřeby:

a) Dodávky elektrické energie 1. stupně jsou dodávky, které musí být zajištěny za každých okolností, jejichž přerušení může způsobit buď ohrožení lidských životů, nebo velké ztráty znehodnocením výroby, zničením zařízení, zastavení důležitých strojů sloužících k udržování technologického procesu. Rozhodnutí, že jde o dodávku 1. stupně je nutno podložit náležitým technicko-ekonomickým zdůvodněním. Dodávky 1. stupně jsou např. čerpadla požární vody, výtahy určené k evakuaci osob, ve válcovnách čerpadla chladicí a odpadní vody, elektrické pece, jeřáby, zařízení umělého větrání prostorů s výbušnými plyny, v dolech důlní čerpadla, ventilátory, těžní stroj, signalizace.

Dodávky elektrické energie 1. stupně musí být zajištěny ze dvou na sobě nezávislých napájecích zdrojů, z nichž každý musí mít takový výkon, aby při jeho výpadku byly dodávky 1. stupně zajištěny. Přepnutí na druhý napájecí zdroj se podle technologických podmínek a podle přípustné doby přerušení dodávky elektrické energie provede buď okamžitým zásahem obsluhy, nebo automaticky ihned po vzniku poruchy.

Místo druhého (náhradního) napájecího zdroje elektrické energie může být také proveden náhradní neelektrický pohon příslušného zařízení, např. dieselagregát. Tento náhradní zdroj musí být vybaven stejnou pohotovostí a spolehlivostí a nesmí být závislý na prvním elektrickém zdroji, který v případě poruchy vypadl. Připojení na dva transformátory napájené z jedné rozvodné soustavy se nepovažuje za připojení na dva nezávislé napájecí zdroje. Při plánovaných revizích některého ze zdrojů (přívodu) se musí provést taková opatření, aby se zabránilo havárii nebo nebezpečnému stavu.

b) Dodávky elektrické energie 2. stupně jsou dodávky, které by měli být pokud možno zajištěny, protože jejich přerušení a zastavení důležitých strojů může způsobit jen zmenšení nebo zastavení výroby, aniž by při tom nastalo ohrožení osob. Dodávky 2. stupně ve strojírenství jsou např. obráběcí stroje a automatické linky se zatahovacími a čerpacími automaty, olejové a emulzní hospodářství s centrálním rozvodem, pásové a řetězové dopravníky.

Dodávky elektrické energie 2. stupně se provedou podle místních poměrů. Počet napáječů, jejich počet, průřezy a výkony transformátorů se volí tak, aby byla zajištěna jejich vzájemná záloha bez dalších investic. Za dostatečné zajištění se většinou považuje připojení alespoň na dva transformátory a jejich napájení se zpravidla již neposuzuje.

c) Dodávky elektrické energie 3. stupně jsou dodávky, které nemusí být zajišťovány zvláštními opatřeními. Mohou se provést připojením na jediný zdroj a nevyžadují dalšího zvláštního zajištění.

Je třeba si uvědomit, že v rámci jednoho objektu (komplexu) je obvykle více zařízení o různých stupních důležitosti. Náhradní zdroje elektrické energie se potom navrhují pouze pro pokrytí spotřeby prvního stupně důležitosti.

2.1.3 Přizpůsobitelnost rozvodného zařízení

Požadavek přizpůsobitelnosti je podstatný zejména v průmyslových provozech, kde některé stroje nebo spotřebiče mění během pracovní činnosti svou polohu či stanoviště, nebo mají přímo charakter pohyblivých, převozných či přenosných spotřebičů. Tomu musí odpovídat i návrh rozvodného zařízení, aby bylo zajištěno napájení spotřebičů na každém stanovišti a při všech možných podmínkách činnosti. V tomto případě má velký význam jistý stupeň univerzálnosti rozvodného zařízení, které umožní co nejrychlejší připojení uvedených spotřebičů k rozvodné soustavě. Příkladem takového uspořádání může být i přípojnicový rozvod v průmyslovém závodu. S podobnými požadavky se však setkáváme i u rozvodných zařízení provizorního charakteru na staveništích.

2.1.4 Přehlednost provozu

Požadavek na přehledné uspořádání rozvodných zařízení je dán nutností rychlé lokalizace a odstranění případné poruchy. Tento požadavek je specifický např. pro elektrické stanice a rozvodny, kde je soustředěno velké množství elektrických zařízení, přístrojů a předmětů. K lepšímu přehledu přispívá např. tablo se schématem zapojení, tablo poruchové signalizace nebo monitor, na kterém se zobrazí okamžité údaje o vybraném zařízení.

2.1.5 Rychlé odstranění poruch

Poruchy v rozvodu elektrické energie znamenají nežádoucí stavy narušení plynulosti dodávky elektrické energie odběratelům. Jejich počet můžeme nejrůznějšími preventivními opatřeními minimalizovat, ale nelze je zcela eliminovat z provozu rozvodných zařízení. Proto se v rozvodu používají elektrické ochrany, které mají zajistit co nejrychlejší odpojení poškozené části rozvodu od zdrojů elektrické energie. Úkolem elektrické ochrany je zjistit místo a druh poruchy a v co nejkratším čase odpojit porušený úsek. Čím rychleji bude odpojena porucha, tím menší budou i její následky.

2.1.6 Estetické požadavky

Požadavky na uložení vodičů, rozvodných krabic, vypínačů a zásuvek, stejně jako volba a umístění vhodných svítidel pro daný prostor, mohou být velmi odlišné dle povahy a účelu interiéru. Rozvodná zařízení i použité světelné zdroje a svítidla včetně jejich polohy musí být v souladu s celkovým řešením prostoru a je nutná spolupráce elektrotechnika s architektem a investorem na ideálním řešení.

2.1.7 Hospodárnost provozu

Díky univerzálnosti použití elektrické energie se značně rozšířilo použití elektrických strojů, přístrojů a spotřebičů všeho druhu. Tyto zařízení by však měli být provozovány takovým způsobem,

aby pracovaly s co největší účinností a co nejmenšími ztrátami. Při návrhu rozvodných zařízení je tedy nutné, aby zdroje elektrické energie, průřezy napájecích cest i elektrické přístroje řazené v rozvodu odpovídaly velikosti zatížení a využití elektrických spotřebičů. V tomto smyslu hospodárnost představuje účelné využití jmenovitých výkonů elektrických přístrojů i průřezů vodičů, tedy hospodárnost celého elektrického rozvodu. Není tedy vhodné navrhovat kabely a vodiče s příliš velkou rezervou zatížení, pokud není předpoklad perspektivního nárůstu zatížení v době životnosti vodiče. V tom případě by materiál vodiče nebyl hospodárně využíván a investiční náklady by byly zbytečně velké. Také zbytečně velké rezervy výkonů u navrhovaných elektrických spotřebičů nejsou hospodárným řešením, pokud tyto výkony nebudou dostatečně využity v provozu.

2.1.8 Hospodárné využití opakovaných celků

V elektrickém silnoproudém rozvodu se vyskytují jednotlivá zařízení a elektrické přístroje v určitých typizovaných velikostech. Jsou to například rozvaděče, transformátory, ale i vypínače, svítidla nebo vodiče. Při navrhování elektrického rozvodu se musí vybrat takové přístroje a zařízení, aby byly co nejvíce hospodárně využity v provozu a aby se nevytvářely zbytečně velké rezervy ve výkonech, v použitých materiálech přenosových cest i v celých typizovaných zařízeních a přístrojích.

2.1.9 Hospodárnost ve spotřebě barevných kovů

Jako elektrovedné materiály pro vodiče v elektrickém silnoproudém rozvodu se používají především měď, ale i hliník a ocel. Ocel se používá u venkovních elektrických vedení zejména jako nosná část vodičů AlFe a dále jako nosná část závěsných kabelů. Ve vnitřních rozvodech se používá nejčastěji měď pro malé průřezy vodičů a hliník pro větší průřezy převážně kabelových vedení. Protože zásoba barevných kovů není neomezená, je třeba navrhovat průřezy vodičů tak, aby odpovídaly stupni zatížení a byly provozně dobře využívány.

Závěrem se dá říci, že při dodržení výše uvedených požadavků bude minimalizován ekonomický faktor údržby a provozu elektrických zařízení.

2.2 Druhy průmyslových rozvodů

Silnoproudý rozvod představuje soubor vodivých cest elektrické energie od zdroje ke spotřebiči.

Části silnoproudého rozvodu:

- přenosové cesty (vodiče)
- uzlová rozvodná zařízení (rozvaděče, rozvodny)

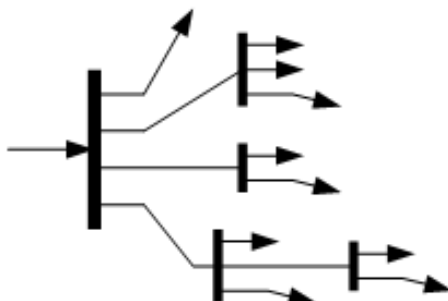
V průmyslovém podniku je cesta elektrického rozvodu:

- transformátor (je-li součástí průmyslového podniku)
- hlavní rozvodna nízkého napětí
- rozvody do jednotlivých částí průmyslového podniku
- hlavní rozvaděče v jednotlivých objektech
- pátevní rozvody po objektu
- podružné rozvaděče
- rozvody k jednotlivým spotřebičům

Konfigurace průmyslového rozvodu závisí na:

- počtu, velikosti a umístění zdrojů
- počtu, velikosti, umístění a důležitosti zdrojů
- místních podmínkách

1. Paprskový rozvod: Paprskový rozvod (viz Obrázek 1) je nejjednodušším a také nejlevnějším druhem rozvodu, který se používá v distribučním rozvodu NN nebo v menších celcích průmyslových závodů, kde nejsou spotřebiče prvního stupně důležitosti, tedy všude tam, kde nejsou zvýšené nároky na provozní spolehlivost. Právě menší spolehlivost je téměř jedinou nevýhodou tohoto druhu rozvodu, neboť každá porucha znamená vyřazení těch spotřebičů, které jsou napájeny postiženým paprskem. Jiná cesta pro napájení spotřebičů není u tohoto rozvodu k dispozici.



Obrázek 1

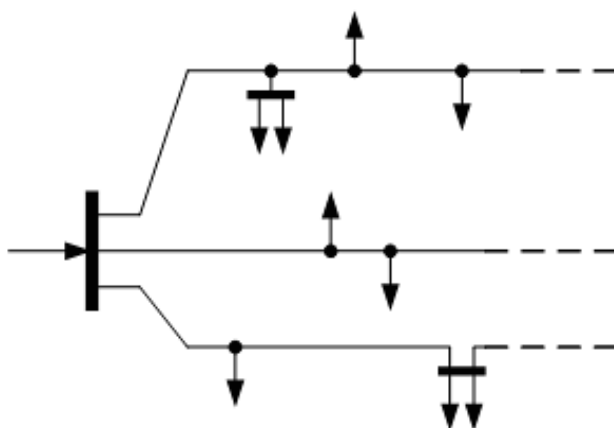
Vlastnosti:

- nejjednodušší
- nejlevnější
- nejméně spolehlivý

Použití:

- v rozvodech s malými nároky na spolehlivý rozvod, stupeň spotřeby 1

2. Průběžný rozvod: Tento druh (viz Obrázek 2) rozvodu je typický pro osvětlování komunikací, hodí se však též pro napájení jednotlivých maloodběratelů na vesnicích, nebo pro napájení větších a rozlehlějších průmyslových hal s drobnějšími spotřebiči, či pro osvětlení velkých prostor. Vyznačuje se dlouhým průběžným vedením, z něhož jsou provedeny odbočky pro napájení jednotlivých spotřebičů či podružných rozvodnic, připojených paprskovou nebo smyčkovou odbočkou. Protože délky průběžných vedení mohou být značně velké, je důležitá kontrola úbytku napětí na délce vedení. Provozní spolehlivost průběžného rozvodu je stejná jako u paprskového, tedy poměrně nízká.



Obrázek 2

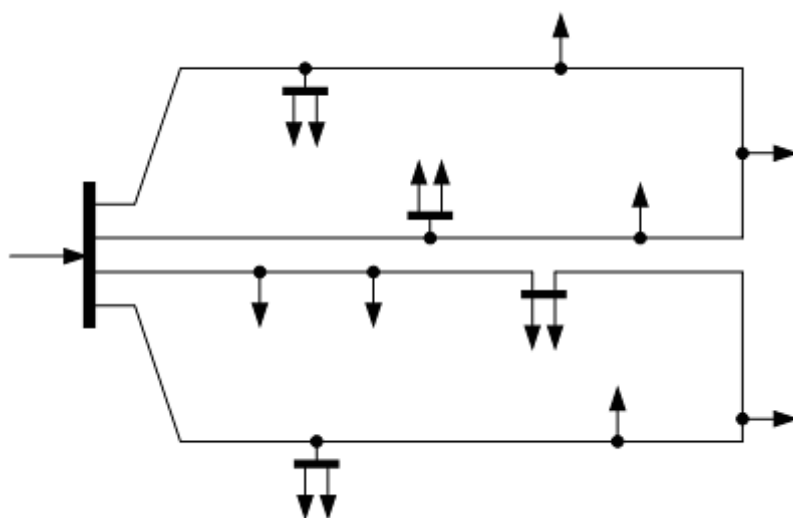
Vlastnosti:

- stejné jako u paprskového rozvodu
- dlouhá průběžná vedení (nutná kontrola na úbytek napětí)

Použití:

- osvětlení komunikací
- distribuční vedení na vesnicích
- rozlehlé a dlouhé průmyslové haly

3. Okružní (smyčkový) rozvod: Okružní či smyčkový rozvod je proveden jako uzavřený okruh, ze kterého se napájí jednotlivé paprskové či smyčkové odbočky ke spotřebičům nebo k podružným rozvaděčům (viz Obrázek 3). Jeho velkou výhodou je možnost napájení spotřebičů jednoho okruhu ze dvou stran, čímž se zvyšuje spolehlivost dodávky elektrické energie. Při poruše v některé části okruhu se poškozená část odpojí a zbytek se do provedení opravy provozuje jako dva paprskové rozvody. Z uvedených důvodů se okružní rozvod hodí pro náročnější spotřebiče a používá se často ve větších průmyslových závodech, nebo i v městské obytné zástavbě.



Obrázek 3

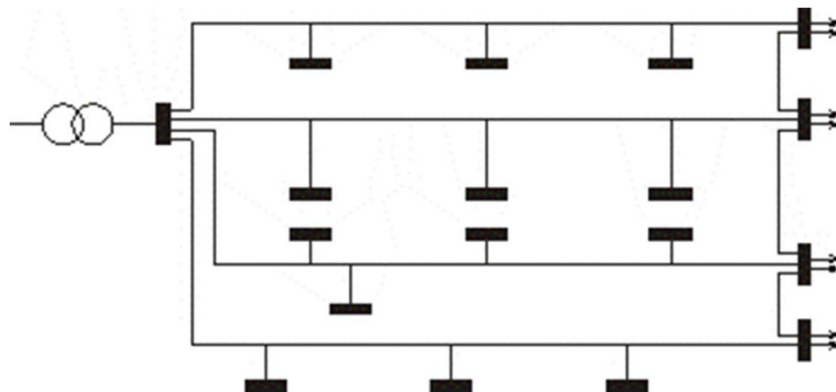
Vlastnosti:

- možnost napájení spotřebiče ze dvou stran
- při normálním provozu je rozvod rozdělen na 2 paprsky (bezpečnost)

Použití:

- náročnější spotřebiče (stupeň spolehlivosti 2)
- větší průmyslové závody
- městská bytová zástavba

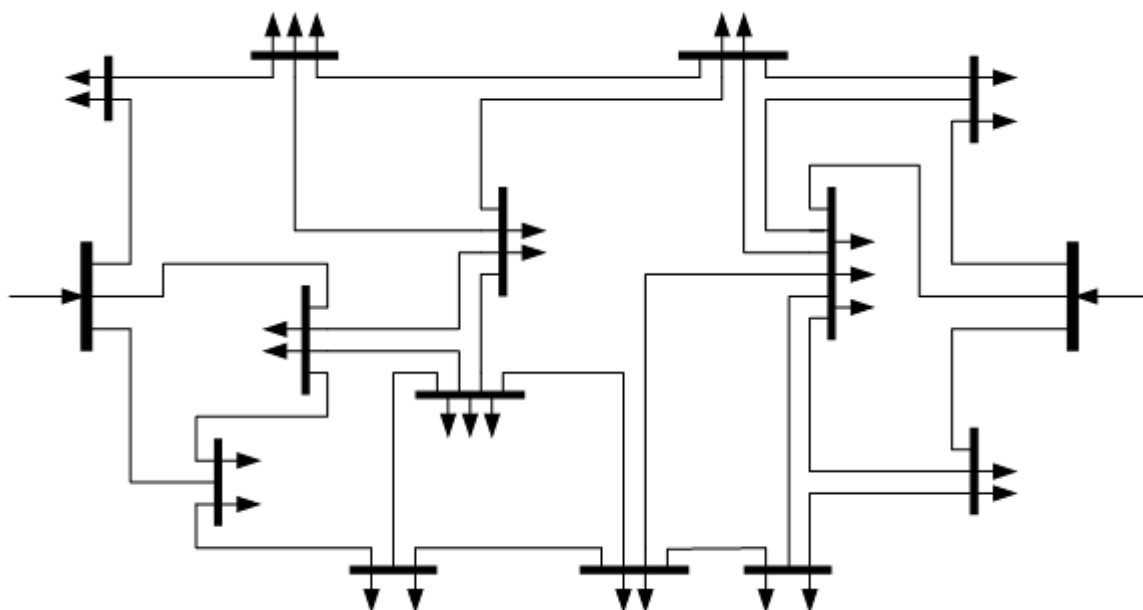
4. Hřebenový rozvod: Tento druh rozvodu je vytvořen jako rozvod několika paprsky, které jsou na konci navzájem propojeny v místě soustředěné spotřeby. Přitom paprsky mohou mít ještě odbočky pro napájení jednotlivých bližších spotřebičů (Obrázek 4). Hřebenový rozvod se velmi blíží okružnímu rozvodu a jeho vlastnosti i použití jsou podobné. Často bývá hřebenový rozvod využíván ve větších průmyslových závodech.



Obrázek 4

Vlastnosti a použití: stejné jako u okružního rozvodu

5. Mřížový rozvod: Mřížový rozvod je vytvořen alespoň dvěma napájecími místy s hlavními rozvaděči a hustější sítí vzájemně propojených podružných rozvaděčů. Tak vzniká rozvod, ve kterém jsou jednotlivé podružné rozvaděče napájeny nejméně ze dvou či více směrů. Přitom některé uzlové rozvaděče mohou propojovat větší počet paprsků (Obrázek 5). Tento druh rozvodu může pokrývat i velké plochy s četnými odběry elektrické energie a je tedy vhodný pro napájení husté městské zástavby nebo objektů velkých a rozsáhlých průmyslových závodů. Mřížový rozvod má pro svou variabilitu napájecích cest vysokou provozní spolehlivost, podmíněnou ovšem vysokými pořizovacími náklady a menší využitelností spojovacích cest. Bývá obvyklé, že mřížová síť je vytvořena kabely jednotného průřezu, což umožňuje větší množství alternativ provozu, avšak s menším využitím průřezů kabelů.



Obrázek 5

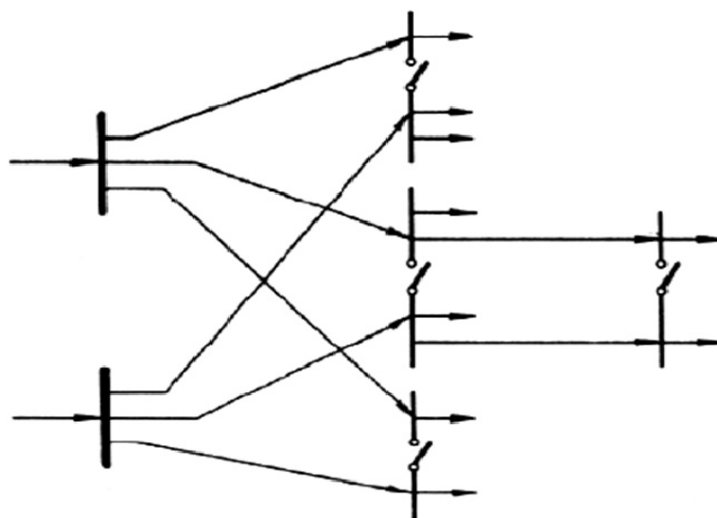
Vlastnosti:

- více napájecích míst
- vysoká variabilita a provozní spolehlivost (stupeň spotřeby 1)
- vysoké pořizovací náklady
- malé využití propojek

Použití:

- hustá městská zástavba
- velké průmyslové objekty
- objekty s požadavkem 1. stupně důležitosti dodávky elektrické energie

6. Dvojpaprskový rozvod: Tento druh rozvodu je v podstatě kombinací dvou paprskových rozvodů s možností vzájemného záskoku dvou zdrojů elektrické energie. Aby však nedošlo při provozu obou zdrojů k paralelnímu chodu, jsou všechny podružné rozvaděče podélně rozpojeny (Obrázek 6). K jejich propojení dochází pouze při výpadku jednoho z napájecích zdrojů. Dvojpaprskový rozvod se hodí velmi dobře pro zajištění napájení prvního stupně důležitosti odběrů. Je to tudíž klasické schéma pro provoz s důležitými odběry (např. napájení požárních zařízení) nebo ve vlastní spotřebě elektráren.



Obrázek 6

Vlastnosti:

- kombinace dvou paprskových rozvodů pro dva zdroje
- jeden zdroj může sloužit jako záskok

Použití:

- napájení spotřebičů 1. stupně důležitosti dodávky
- velké průmyslové podniky,
- nemocnice, elektrárny

2.3 Výpočtové zatížení

Při projektování elektrického rozvodu v jakémkoli objektu je nutno zjistit, jaký bude maximální odběr, na který musí být dimenzováno vedení, napájecí zdroj (např. transformátor), jističí přístroje ap. Kdybychom prostě sečetli výkony všech spotřebičů, které v objektu budou, a na ně dimenzovali elektrický rozvod, bylo by to neekonomické, protože je velmi malá pravděpodobnost, že by všechny spotřebiče pracovaly současně a na plný výkon. Při dimenzování elektrického rozvodu se bere za základ výpočtové zatížení a výpočtový proud. Při určování výpočtového zatížení nutno rozlišit, zda se jedná o řešení elektrického rozvodu pro: výrobní provoz, provozovnu nebo závod jako celek skupinu spotřebičů (pohonů) nebo jednotlivé agregáty včetně pomocných pohonů jeden spotřebič.

Každý stupeň projektu musí obsahovat podrobně stanovené součinitele náročnosti určených v jednotlivých případech podle součinitelů náročnosti uvedených v normě nebo podle součinitelů náročnosti v podobných stávajících provozovnách.

2.3.1 Výpočtové zatížení pro provozovnu jako celek

Při určování výpočtového zatížení (P_p) pro výrobní provoz, provozovnu nebo závod jako celek, při dimenzování přívodního zdroje, počtu a velikosti transformátorů a rozvaděčů se vychází z instalovaného výkonu (A) a předpokládaného součinitele náročnosti (P). Výpočtové zatížení je potom

$$P_p = P_i \cdot \beta \quad [kW] \quad (1.)$$

Činitele náročnosti udává norma a pohybuje se v rozmezí 0,2 až 0,9. Příklady činitele náročnosti jsou uvedeny v následující tabulce. Tabulka uvádí i střední hodnotu $\cos \varphi$ bez kompenzace.

Průmyslové odvětví	střední náročnost β	rozmezí náročnosti β	Střední účinník $\cos \varphi$
Báňská povrchová zařízení			
- těžní věž se strojovnou	0,68	0,63 - 0,75	0,70
- šachetní budova a oběh vozů	0,55	0,50 - 0,60	0,55
- visuté lanovky	0,70	0,60 - 0,75	0,70
- drtírna uhlí	0,62	0,55 - 0,69	0,60
- třídírna uhlí	0,60	0,54 - 0,66	0,55
- ventilátorovna	0,50	0,44 - 0,65	0,65
- kompresorovna	0,62	0,55 - 0,69	0,62
- dílny	0,20	0,15-0,25	0,45
- kotelna	0,40	0,35 - 0,45	0,55

Tabulka 1

2.3.2 Výpočtové zatížení pro skupinu spotřebičů

Při určování výpočtového zatížení (P_p) skupiny nebo skupin spotřebičů o rozdílném výkonu napojeným na jeden rozvaděč se musí postupovat podle dvojčlenného vzorce. Jedná se například o spotřebiče o výkonu 20 kW a spotřebiče o výkonu 1,5 kW. Výpočtové zatížení je pak

$$P_p = aP_x + bP_n \quad [kW] \quad (2.)$$

kde P_x je součet jmenovitých výkonů x největších spotřebičů

P_n je součet jmenovitých výkonů všech elektrických spotřebičů včetně P_x

a, b součinitelé náročnosti jednotlivých skupin.

2.3.3 Výpočtové zatížení pro jeden spotřebič

Při určování výpočtového zatížení pro jeden spotřebič, který je určen pro trvalý provoz, se vychází ze jmenovitého výkonu spotřebiče (P_2) a jeho účinnosti (η), tj. ze jmenovitého příkonu spotřebiče (P_1). Výpočtové zatížení je pak

$$P_p = P_1 = \frac{P_2}{\eta} \quad [kW] \quad (3.)$$

Při určování výpočtového zatížení pro jeden spotřebič (motor), který je určen pro přerušovaný nebo krátkodobý chod nebo zatížení se postupuje případ od případu, početně nebo graficky.

2.4 Výpočtový proud

Při stanovení výpočtového proudu (I_p) potřebného pro dimenzování přívodního vedení a jisticích prvků se vychází z výpočtového zatížení podle vzorců:

$$\text{pro trojfázové spotřebiče} \quad I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos\varphi} \quad [A] \quad (4.)$$

$$\text{pro jednofázové spotřebiče} \quad I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{U \cdot \cos\varphi} \quad [A] \quad (5.)$$

$$\text{pro stejnosměrné spotřebiče} \quad I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{U} \quad [A] \quad (6.)$$

3 Specifika důlních povrchových sítí

V důlních povrchových provozech se používá především izolovaných sítí IT, které splňují požadavky jak z hlediska bezpečnosti, tak i z hlediska ekonomického.

3.1 Sít' IT

Závady v izolaci mají velké následky, avšak ne v sítích IT s trvalou kontrolou izolačního odporu. Závady v izolaci mají nepříjemné důsledky v uzemněných sítích (sítě TN a TT). Přímé spojení aktivního vodiče se zemí při závadě v izolaci způsobí tok poruchového proudu, který vybaví ochrany. V důsledku toho dojde k přerušení provozu, což často znamená velké finanční ztráty. Sít' IT je napájena buď přes oddělovací transformátor, nebo z nezávislého zdroje. Zvláštností takovéto sítě je to, že žádný aktivní vodič není spojen přímo se zemí. V případě závady v izolaci nemůže proto u tohoto typu sítě téci velký poruchový proud, ale pouze malý proud způsobený svodovou kapacitou. Předřazené jištění se v tomto případě nevybaví, takže zásobování elektrickým proudem zůstává zachováno i při jednopólovém zemním spojení.

Vysoká spolehlivost sítě IT se zajišťuje trvalým monitorováním stavu izolace. Přístroj pro kontrolu stavu izolace rozezná chybu v izolaci při jejím vzniku a ihned při překročení určité mezní hodnoty závadu hlásí opticky a akusticky, tedy dříve, než dojde k přerušení provozu.

3.2 Přednosti sítě IT s kontrolou izolace

Větší bezpečnost provozu:

- Trvalým hlídáním stavu izolace, které je možné pouze u sítí IT, je sít' udržovaná ve stavu vysoké provozní spolehlivosti.
- Jeden vodič může být přímo spojen se zemí, aniž by došlo k poruše provozu.
- Včasné zjištění vadného zařízení okamžitým hlášením při jeho připojení.
- Hlídání při provozu i při odpojené síti.
- Nedochozí k závadám v regulaci při závadě v izolaci.

Větší požární bezpečnost:

- Postupné poškozování izolace je zjištěno okamžitě v počátečním stavu.
- Nevzniká elektrický oblouk, který je nejčastější příčinou požáru.
- Části zařízení, která jsou ohrožena požárem nebo explozí, lze oddělit od ostatní sítě oddělovacím transformátorem a hlídat je.

Větší přípustný odpor uzemnění:

- V praxi je často obtížné zajistit zemnicí odpor, požadovaný v sítích TN a TT. V nezemněných sítích IT jsou přípustné větší zemnicí odpory.

Větší bezpečnost proti úrazům:

- V malých a středně velkých zařízeních a instalacích lze udržovat proudy při zemním spojení (a tím i dotykové proudy) malé.

Úroveň ochrany osob při dotyku částí zařízení vedoucích elektrický proud může být tak podstatně zvýšena.

3.3 Typické oblasti použití

Mezi typické oblasti použití patří:

- nemocnice
- bezpečnostní osvětlení
- hlubinné a povrchové doly
- námořní a říční plavidla
- regulační obvody
- výtopny a kotle
- hutě
- energetika
- chemický průmysl
- papírny
- výrobní provozy citlivé na poruchy
- provozy s nebezpečím výbuchu
- zkušební a laboratorní zařízení
- drážní zařízení
- pohony a další

3.4 Měřič izolačního stavu sítě [3]

Vysoká spolehlivost systémů IT je zajišťována nepřetržitým hlídáním (monitorováním a vyhodnocováním) izolačního stavu. Hlídač izolačního stavu rozezná poruchu izolace již v okamžiku jejího vzniku (při minimálním poklesu hodnoty izolačního odporu) a hlásí pokles izolačního odporu pod minimální nastavenou hodnotu.

3.4.1 IZOMET – Z

V rozvodnách úpravny dolu Darkov se k měření izolačního stavu sítě IT používá měřič IZOMET.

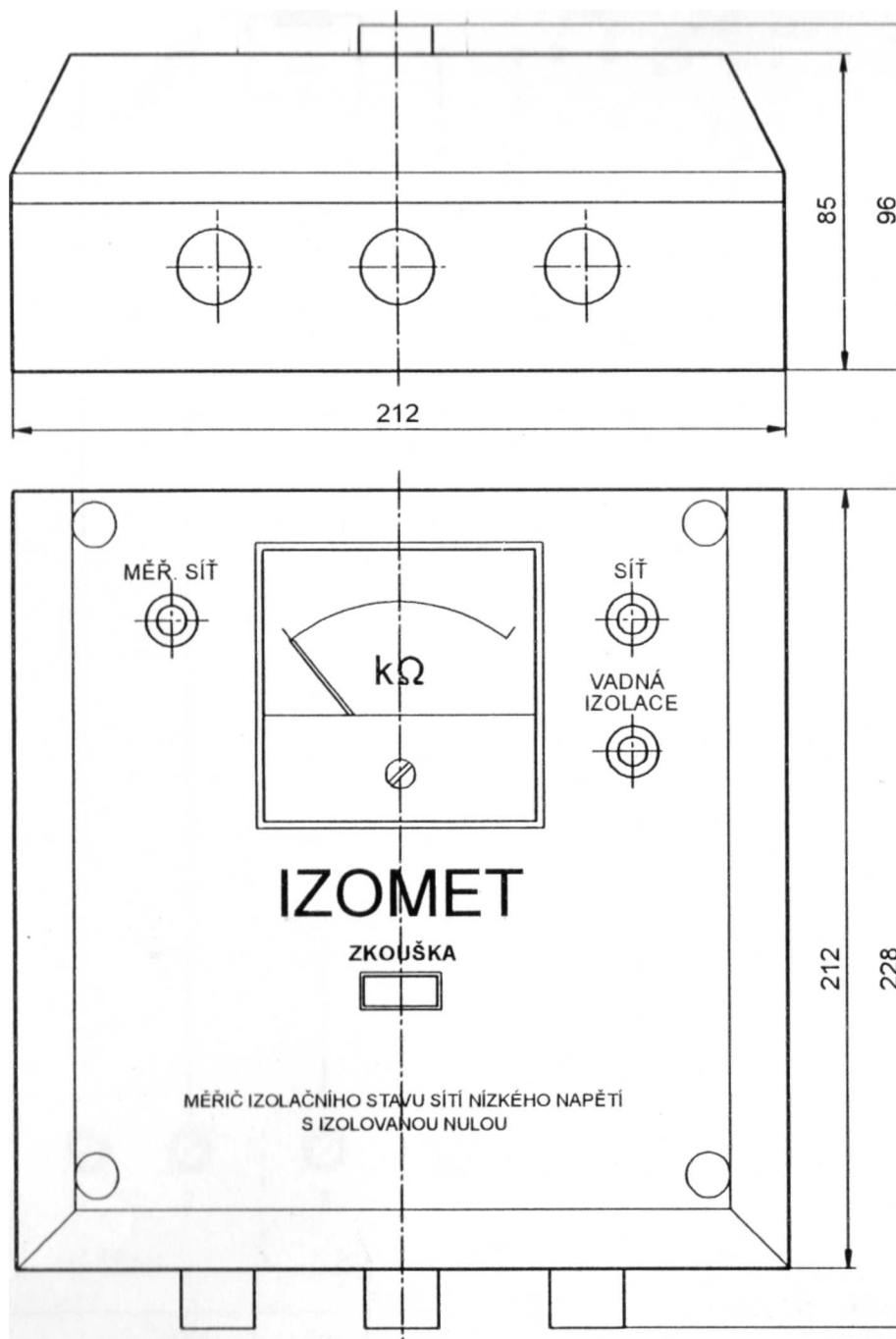
Základní technické údaje:

Přístroj měří izolační odpor sítě proti zemi průběžně vestavěným ručkovým měřidlem. Nastavená kritická hodnota izolačního odporu dle příslušné ČSN se vyhodnocuje a signalizuje se na panelu přístroje a současně spíná kontakty vestavěných relé.

Napájecí napětí:	220/380.500 V, stř. a izol.nulou (-30%+20%)
Ochrana zemněním:	ČSN 33 2000-4-41,
Izolací:	dle ČSN 33 2000-4-41
Frekvence:	50 Hz
Spotřeba:	11 VA
Pracovní teplota:	-20 °C + 65 °C
Injektážní napětí:	24 V, (+ pól měřící, – pól uzemněn)
Injektážní proud:	max. 0,6 mA (teplotně kompenzovaný)
Vnitřní impedance:	min 1 Ohm/50 Hz
Vyvedené kontakty:	relé Re 1 a Re 2: 250 V, 0,8 A, při $\cos \varphi=0,3$
Průřez připoj. vodičů:	0,75-6 mra- (doporučen kabel CYAY)
Jištění: poj. vložka:	048 B-0,25 A-2 ks,
doporučené jištění kont.relé:	jistič IJ-M, 1 –1,2A
Rozsah měření:	0 – 500 kΩ
Četnost zkoušky:	min.: 1 x/měsíc
Krytí:	skříňové IP 40
Hmotnost:	2,5 kg
Rozměry přístroje:	210x210x95 mm
Materiál skřínky:	Forzan

IZOMET-Z je přístroj na měření izolačního odporu sítí nn do 1000 V s izolovanou nulou.

Izolační odpor sítě proti zemi se měří průběžně od 0 – 500 k Ω vestavěným ručkovým měřidlem. Kritická hodnota izolačního odporu se vyhodnocuje kontrolními diodami LED (žárovkami) a vestavěným relé, jejichž kontakty jsou vyvedeny na svorkovnici. Měřená síť musí být pod napětím. Pro správnou funkci přístroje IZOMET se nesmí v měřené síti nacházet stejnosměrná složka el. proudu např. vlivem připojených spotřebičů. Přístroj se vyrábí v provedení skříňovém s krytím IP 4x.



Obrázek 7 IZOMET – Z

4 Možnosti rekonstrukce pohonu a ovládání šikmého pásového dopravníku.

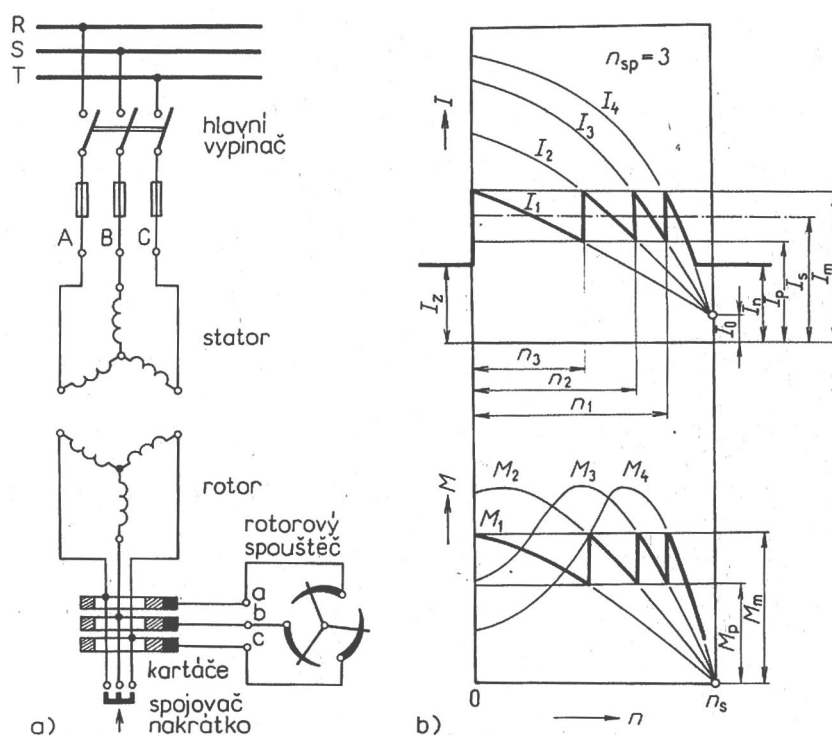
Rekonstrukce pohonu a ovládání šikmého pásového dopravníku je nutno provést z důvodu nahrazení zastaralé technologie, zlepšení ekonomických i provozních vlastností. Toho se docílí jednak výměnou kroužkového asynchronního motoru za klasický asynchronní motor a nahrazením odporového spouštěče frekvenčním měničem. Celé zařízení pak bude hospodárněji řízeno PLC Simatic S7.

4.1 Stávající stav

4.1.1 Kroužkový motor [2]

Popis a ovládání

Rotor kroužkového motoru má normální trojfázové vinutí, obvykle trvale spojené do hvězdy. Začátky vinutí jsou připojeny ke třem sběracím kroužkům, na které dosedají tři uhlíkové kartáče, zapojené na rotorovou svorkovnici (a, b, c). Prostřednictvím sběracího mechanismu můžeme do rotorového obvodu zapojit vhodný spouštěcí odpor, kterým se dá libovolně zmenšit záběrný proud a zvětšit záběrný moment až k momentu zvratu. Obvykle se na rotorovou svorkovnici připojuje rotorový spouštěč, tvořený třemi skupinami odporů. Velikost zapojeného odporu se během spouštění postupně zmenšuje, až po skončení rozběhu je v poslední poloze úplně vyřazen a rotorové vinutí se spojí nakrátko (obr. 8a).



Obrázek 8 Kroužkový motor: a) schéma, b) průběh spouštění

Rotorový spouštěč musí být konstruován tak, aby nikdy nedošlo k rozpojení rotorového obvodu (oblouk nebezpečné přepětí) a jeho přepínač musí přecházet z jedné polohy do druhé také bez přerušení. Aby při poruše kontaktů přepínače nedošlo k rozpojení rotorového obvodu, jsou všechny tři odpory spojeny nakrátko.

Motory nad 10 kW jsou obvykle vybaveny spojovačem nakrátko, jímž se po skončení rozběhu spojí kroužky přímo na stroji nakrátko a tím se vyloučí ztráty v přechodových odporech a přívodním vedení k rotorovému spouštěči. Spojovač nakrátko bývá kombinován a vázán s odklápečem kartáčů, který po spojení kroužků nakrátko odklopí kartáče, a tak se odstraní ztráty třením a zbytečné opotřebení kartáčů.

Větší motory mají mít podpětovou ochranu, která kroužkový motor vypne při poklesu napětí. Tím ho chrání před proudovým přetížením a před případným proudovým nárazem po obnově dodávky proudu bez zapojeného spouštěče.

Výhodné je, jsou-li spouštěč a popř. i spojovač nakrátko vybaveny blokovacím kontaktem, který nedovoluje zapnout motor, pokud spouštěč a spojovač nejsou v základní poloze.

Průběh spouštění

Spouštění můžeme sledovat na obr. 8b v momentových a proudových charakteristikách, které jsou nakresleny pro jednotlivé spouštěcí stupně. Odstupňování spouštěcího odporu musí být takové, aby proud během spouštění kolísal jen mezi dvěma zvolenými nebo předepsanými proudy I_m a I_p .

Moment potom kolísá také mezi dvěma mezními velikostmi M_m a M_p , které v kruhovém diagramu odpovídají proudům I_m a I_p .

Velikost krajního proudu byla předepsána starší normou ČSN 35 3161:

$I_m \leq 0,9 I_n$ pro lehký rozběh s polovičním zatížením (1/2),

$I_m \leq 1,8 I_n$ pro normální rozběh s plným zatížením (1/1),

$I_m \leq 2,21 I_n$ pro těžký rozběh s přetížením (2/1).

Norma ČSN 34 1350 předepisuje maximální přípustný proud

$I_m = 2,5 I_n$ pro trvalé zatížení,

$I_m = 3,0 I_n$ pro motory s přerušovaným chodem.

Přípustná nerovnoměrnost spouštění je

$$g = \frac{I_m}{I_p} < 1,9 \quad (7.)$$

Určení spouštěcího odporu

Pro požadovaný proudový náraz I_m je potřebná impedance motoru se spouštěčem

$$Z_s = \frac{U_1}{I_m} \quad (8.)$$

a její činná složka $R + R_{s1} = \sqrt{Z_s^2 + X^2}$ takže odpor spouštěče, přepočtený na stator, je

$$R_{s1} = \sqrt{Z_s^2 + X^2} - R \quad (9.)$$

Na skutečnou rotorovou velikost se přepočítává vztahem

$$R_s = R_{s1} \cdot \frac{m_2}{m_1} \cdot \left(\frac{N_{s2} \cdot k_{v2}}{N_{s1} \cdot k_{v1}} \right) = R_{s1} \cdot \frac{m_2}{U_1} \cdot \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2 \quad (10.)$$

Veličiny R a X známe buď z návrhu motoru, nebo z měření nakrátko.

ŘÍZENÍ OTÁČEK INDUKČNÍCH MOTORŮ

Základní vztah

Otáčky indukčního motoru jsou dány vztahem

$$n = (1 - s) \cdot n_s = (1 - s) \cdot \frac{60 \cdot f}{p} \quad (11.)$$

ze kterého vyplývají možnosti řízení:

- a) změnou kmitočtu,
- b) změnou skluzu,
- c) změnou počtu pólů.

Řízení změnou kmitočtu

Změna kmitočtu přichází v úvahu tam, kde potřebujeme zvětšit otáčky motoru nad 3000 min⁻¹ (dřevoobráběcí stroje, odstředivky, leštičky apod.). Indukční motor nebo celá skupina motorů se napájí ze zvláštního měniče kmitočtu. Zvýšený kmitočet bývá 100 až 400 Hz.

Dnes se však čím dále tím víc začíná používat indukční motor napájený z elektronického (tranzistorového, tyristorového) statického měniče s plynule říditelným kmitočtem. Říditelný měnič umožňuje zároveň celkem plynulý rozběh motoru, a to vytváří široké možnosti použití jednoduchého indukčního motoru v celkem nových oblastech (např. elektrická trakce).

Řízení změnou skluzu

Skluz je úměrný rotorovému odporu, takže otáčky kroužkového motoru můžeme zmenšovat pod synchronní otáčky zvětšováním odporu rotorového obvodu pomocí regulačního spouštěče dimenzovaného na trvalé zatížení.

Normální spouštěč nemůžeme použít k řízení otáček.

Řízení je nevhodné, neboť v regulačním odporu vznikají ztráty. Používá se ho jen v krajním případě.

Má-li motor při jmenovitém zatížení a při rotorovém odporu R_2 otáčky n_m , potřebujeme ke zmenšení otáček na n_r (skluz s_r) zařadit do rotorového obvodu regulační odpor R_r podle vztahu

$$\frac{s_n}{s_r} = \frac{R_2}{R_2 + R_r} = \frac{\frac{n_s - n_n}{n_s}}{\frac{n_s - n_r}{n_s}} = \frac{n_s - n_n}{n_s - n_r} \quad (12.)$$

Vztah platí jen pro řízení za stálého momentu. Za chodu naprázdno jsou otáčky téměř stejné při jakémkoli odporu v rotoru.

Řízení otáček odporem v rotoru se může používat asi do 50 % synchronních otáček.

Přepínání počtu pólů

Stupňovitě, v hrubých skocích, můžeme měnit otáčky indukčního motoru přepínáním vinutí na různý počet pólů. U kroužkového motoru by se muselo současně přepínat i rotorové vinutí, což by bylo velmi složité.

Nejjednodušší je přepínání počtu pólů pro dvoje otáčky v poměru 1:2. Princip přepínání spočívá v tom, že vinutí se zhotoví se sudým počtem cívkových skupin, které se pro větší počet pólů spojí do série a pro menší počet pólů se spojí paralelně.

Použití:

Kroužkové motory se používají tam, kde je požadován velký záběr motoru a pro speciální účely.

4.1.2 Odporový spouštěč [5]

POPIS KONSTRUKCE

Spouštěče SPD se skládají ze tří hlavních částí:

1. Spínací ústrojí
2. Odporová část
3. Nádoba s kryty a příslušenstvím

Tyto části jsou vzájemně spojené v jeden celek.

Spínací ústrojí

Spínací ústrojí rotorového obvodu tvoří 11 ks stykačů typu V 100 E a 1 ks stykače VH 250 D v koncové poloze. Zapínání jednotlivých stykačů se uskutečňuje pomocí programového časového relé typu SPM/Bv (náhrada Rp 245/4). Pro zajištění činnosti spouštěčů je v ovládacím obvodu zapojené pomocné relé typu Rp 92 KC 3P (náhrada Rp 92 KB,LY 4 a podobně). Hlavní kontakty stykačů jsou připojené na silové svorkovnice, přes které jsou spojené s odporovými stupni.

Odporová část

Odporovou část tvoří odporové bloky: 3 ks pro SPD 3 a 4 ks pro SPD 4 pro každou fázi. Bloky jsou umístěné ve společném rámu, který je uložený v nádobě spouštěče. Bloky jsou složeny z plechových odporových článků podle příslušné specifikace. Celkový odpor, odpor jednotlivých stupňů a druh použitých článků je v souladu s požadavky k. p. Transporta Chrudim. Připojení stykačů na silové svorkovnice je uskutečněné pomocí Cu vodičů CYA o průřezu 25, 35 a 95 mm². Připojení mezi bloky, připojení odporových bloků na silovou svorkovnici jako i připojení začátku odporové části do hvězdy je uskutečněné pomocí holých Cu vodičů ø 5,6 - 6,3 mm. Před uvedením spouštěče do provozu je potřeba nádobu naplnit transformátorovým olejem.

Nádoba s kryty a příslušenstvím

Nádoba spouštěče je zhotovená z ocelového plechu. Na spodních bočních stranách je opatřená uhlíčníky, které tvoří upevňovací patky spouštěče. Na pravé straně na uhlíčníku je současně umístěna vnější uzemňovací svorka. Na horní pravé straně nádoby je umístěna kabelová koncovka KD 90, která slouží pro přivedení kabelu od rotoru k svorkovnici. Přední část nádoby je opatřená vypouštěcím kohoutkem JS 20 a olejoznakem pro kontrolu hladiny oleje. Hladina oleje při teplotě 20 °C má sahát cca do poloviny průřezu olejoznaku.

TECHNICKÉ ÚDAJE

Výkon spouštěného motoru:	do 630 kW
Jmenovité izolační napětí spouštěcích obvodů:	660 V
Jmenovité rotorové pracovní napětí (max.):	1000 V
Jmenovitý rotorový proud (max.):	500 A
Míra rozběhu (m) :	1,4
Doba spouštění:	50 s
Krytí podle ČSN 33 0331:	IP 43
Ovládací napětí:	220 V
Jmenovitá frekvence:	50 Hz
Montážní poloha:	vodorovná, odklon 5°

POUŽITÍ

Spouštěče se používají na spouštění kroužkových motorů nn, vn v provozech, kde je požadována vysoká životnost spínacího ústrojí, proměnlivé zatížení při rozběhu a omezená možnost pravidelné údržby. Jejich použitím se omezí zapínací proud a zvýší záběrový moment spouštěného elektromotoru.

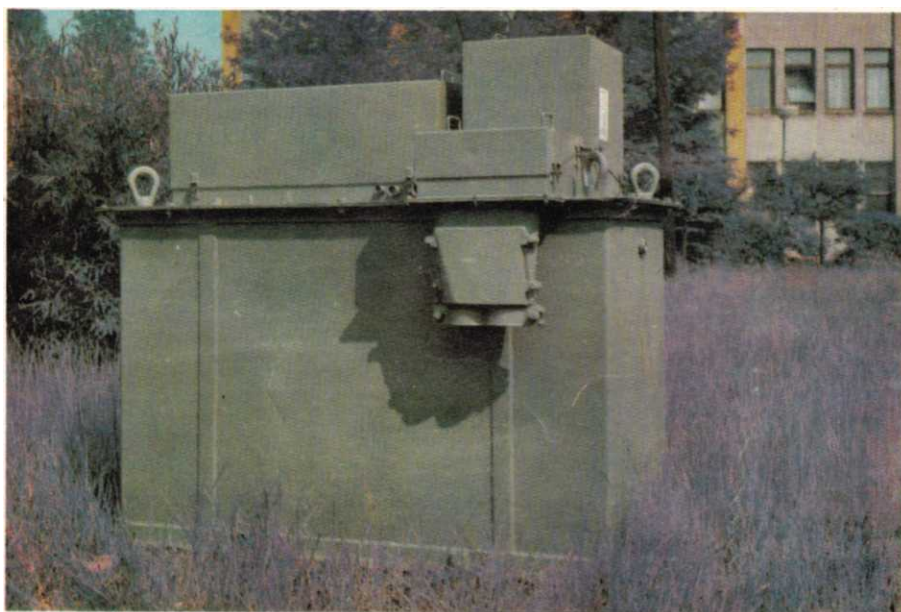
Popis funkce

Spouštění

Spouštění motoru je možné jen tehdy, když je programové relé K 15 v nulové poloze (spojené kontakty 3-4 a 11-12). Přivedením ovládacího napětí na svorku č. 1 (fázový vodič) a č. 2 (nulový vodič) se sepne relé K 13, které současně sepne i relé K 14. Při sepnutí hlavního stykače motoru se přivede přes jeho pomocný kontakt napětí na svorku č. 4 a přes zapínací kontakt K 14 se zapne motorek programového relé K 15. Samotné spouštění probíhá samočinně, když je relé K 13 a K 14 vypnuté. Relé K 13 a K 14 jsou vypnuté i v koncové poloze spouštěče během chodu hlavního motoru.

Zastavování

Při vypnutí hlavního stykače se rozpojí koncový stykač K 12 i stykač K 11 a zároveň přes pomocný vypínací kontakt hlavního stykače se dostane napětí na svorku č. 5. Přes vypínací kontakt K 14 zapne motorek programového relé, který dojde do nulové (počáteční) polohy.



Obrázek 11 Odporový spouštěč SPD 3

4.1.3 Ovládání

Viz. **Příloha 2** Řádkové schéma dopravník se spouštěčem část 1. a **Příloha 3** **Řádkové schéma dopravník se spouštěčem část 2.**

Ovládání bylo řešeno reléovými spínači a stykači. V potaz byly brány standartní blokové prvky jako: brzda, bezpečnostní koncové spínače, vybočení pásu, hlídání otáček a přesypu dopravníku, návaznost dalších dopravníků. Navíc se zde muselo vřadit hlídání teploty převodovky a odporového spouštěče a blokové prvky odporového spouštěče (čas rozběhu, koncová poloha). Další ovládací prvky jsou přepínání ovládání z místa (deblok) a automatu, sepnutí akustické signalizace při startu, zapnutí čerpadla oleje a případné blokování dopravníku při zapnutém sprchování mostu způsobené požárem.

4.1.4 Parametry dopravníku:

Gurta:	tloušťka:	cca 12 mm		
	šířka:	1 400 mm		
	délka:	cca 350 m		
	hmotnost:	cca 7 t		
Stávající převodovka:	převod. poměr:	1 : 45,4		
Stávající motor:	typ:	ARU 456-6		
	výkon:	250 kW		
	otáčky:	991 /min		
	jm. proud:	381 A		
	napětí:	500V		
Mechanické parametry:	hnací stanice:	hnací buben:	φ 1 400 x 1750 mm	
		opásací buben:	φ 500 x 1 750 mm	
	vratná stanice:	vratný buben:	φ 1 200 x 1750 mm	
		opásací buben:	φ 500 x 1 750 mm	
	napínací stanice:	3 bubny	φ 600 x 1 750 mm	
	horní větev:	163 kozlíků s 3 kovovými válečky:	φ 135 x 620 mm,	hmotnost 1 válečku 8 kg
		11 kozlíků s 3 gumovými válečky:	φ 160 x 470 mm,	hmotnost 1 válečku 16 kg
	dolní větev:	56 podpěrných míst s 2 gumovými válečky:	φ 160 x 760 mm,	hmotnost 1 válečku 17,5 kg
	osová vzdálenost bubnů:	163,95 m		
	sklon:	16° 20'		
Maximální dopravní výkon dopravníku je 800 t/hod.				

Tabulka 2 – parametry dopravníku

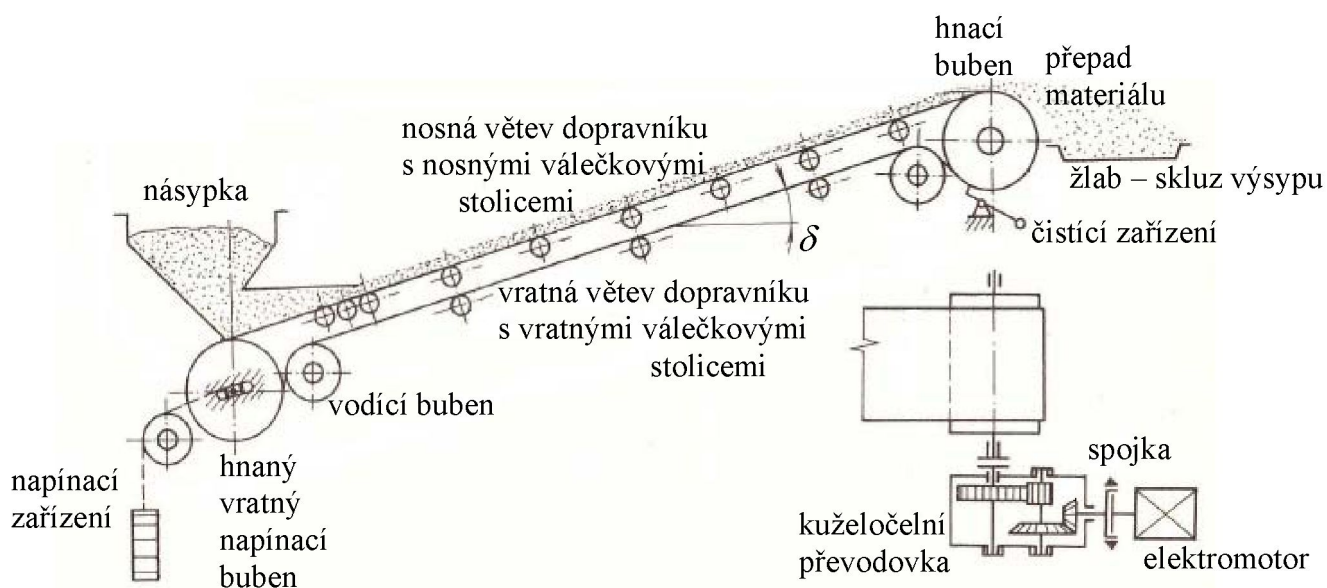
5 Výběr nového pohonu

Pro výběr motoru bylo důležitých několik předpokladů. Musel být konstruován pro provoz s frekvenčním měničem a vyhovovat nepříznivým provozním podmínkám (prašnost, vysoké teploty, vibrace). Při určování výkonu motoru jsem vycházel z původního pohonu a předpokládal jsem tedy, že minimální výkon bude 250kW. Takové požadavky splňoval pouze motor firmy Siemens, která dodává i motory nad 200kW. Jako vhodný se jevil motor typové řady 1PQ8 a to typ 1PQ8 315-4PB s parametry:

Otáčky motoru A [r/min]:	1488
Výkon motoru [kW]:	250
Frekvence [Hz]:	50
Napětí motoru [V] / Zapojení:	500 Δ
Jmenovitý proud [A]:	430
cos phi:	0,87
Třída izolace / Krytí (IP):	155(F) / 55
Účinnost [%]:	96
Cena:	800 tis. Kč

Vzhledem k poměrně vysoké ceně a faktu, že převodovku dodává firma SEW, která vyrábí motory pouze do 200kW, jsem rozhodl o přepočtu potřebného výkonu motoru. Výpočet provádělo několik nezávislých firem, které shodně určily jako vyhovující výkon 185kW. Tabulku s potřebnými parametry a vypočtenou hodnotou přikládám viz. Tabulka 3 - výpočet potřebného výkonu motoru.

5.1 Výpočet výkonu motoru pásového dopravníku



Obrázek 12 schéma dopravníku

U pásových dopravníků s nosnými válečky se výpočet výkonu a tahových sil provádí dle ČSN ISO 5048.

Zde jsou uvedeny pouze vybrané podstatné poznámky k tomuto výpočtu. Celkový výpočet je znázorněn v Tabulka 3 - výpočet potřebného výkonu motoru.

Pohybové odpory pásového dopravníku:

F_H - hlavní odpory - odpory ložisek i těsnění válečků v horní i dolní větvi, odpory od zamačkávání válečků do pásu a od ohybu a rovnání pásu i doprav. Hmoty

F_N - vedlejší odpory - tření a setrvačné síly při urychlování doprav. hmoty v místě nakládání, tření o stěny násypky, odpor ohybů pásů na bubnech, odpor ložisek bubnů s výjimkou hnacího.

F_{S1} - přídavné hlavní odpory - odpor válečků vychýlených od směru pohybu pásu, odpor třením o boční stěny násypky příp. bočního vedení, je-li po celé délce pásu.

F_{S2} - přídavné vedlejší odpory - odpor třením o boční stěny násypky příp. bočního vedení, je-li pouze v části dopravníku, odpor čističů pásu i bubnů, odpor shrnovačů, odpor shazovacího vozu, odpor obracení dolní větve pásu.

F_{Si} - odpor k překonání dopravní výšky - je to složka (kolmý průmět) tíhy dopravovaného materiálu do dráhy (trajektorie) dopravovaného materiálu.

Hlavní odpory závisí a vedlejší odpory nezávisí na délce dopravníku.

Obvodová hnací síla: $F_U [kN]$ potřebná na hnacím bubnu je součtem všech těchto sil a počítá se dle ČSN ISO 5048.

Pokud úhel sklonu dopravníku ve směru pohybu $\delta < 18^\circ$, což je přibližně horní mez sklonu pásového dopravníku s hladkým dopravním pásem, je povoleno svislá zatížení zanedbat jako při vodorovném pásovém dopravníku $\delta = 0^\circ$.

$C > 1,02$ - součinitel výpočtu F_U využitelný dle ČSN ISO 5048 pro pásové dopravníky délky $L > 80 m$, neboť vedlejší odpory nezávislé na délce dopravníku mají menší vliv.

f - globální součinitel tření, zpravidla $f = 0,2$, $f \in < 0,012; 0,3 >$ rozlišení hodnot viz ČSN ISO 5048. Tzv. úpadní pásový dopravník - vyžaduje brzdění motorem $f = 0,012$.

Výkon pohonu pásového dopravníku:

$$P = F_U \cdot v [kW] \quad (13.)$$

Vliv účinnosti stanovíme dle konkrétního způsobu pohonu a typu dopravníku dle ČSN ISO 5048.

Síly v pásu musí být tak velké, aby obvodové hnací síly F_U byly bezpečně bez prokluzu přenášeny na pás, dle Eulerova vztahu možno psát:

$$F_U \leq F_T - F_t = F_t \cdot e^{f\alpha} - F_t = F_t (e^{f\alpha} - 1) \quad (14.)$$

dle značení ČSN ISO 5048 pak:

$$F_{U\max} \leq F_{2\min} \cdot (e^{\mu\alpha} - 1) \quad F_{2\min} \geq F_{U\max} \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \quad (15.)$$

$(F_t) \equiv F_{2\min} [kN]$ minimální tah v pásu ve vratné větvi pásového dopravníku

$(F_T - F_t) \equiv F_{U\max} [kN]$ maximální obvodová hnací síla (rozběh/brzdění) plně naloženého dopravníku, přenášená mezi pásem a bubnem.

$\mu [-]$ koeficient tření mezi bubnem a pásem

$\varphi [rad]$ úhel opásání hnacího bubnu $\varphi = 2,8 - 4,2$

nesmí docházet k přílišnému průvěsu pásu mezi dvěma válečkovými stolicemi, což rozlišuje ČSN ISO 5048 pro horní větev dopravníku – nosnou a dolní větev dopravníku - vratnou.

$$\left(\frac{h}{a}\right)_{\min} = 0,05 \div 0,2 \quad (16.)$$

$h [mm]$ průvěs pásu mezi válečkovými stolicemi

$a [mm]$ rozteč válečkových stolic

$(F_t) \equiv F_l [kN]$ teoreticky největší tahovou sílu v pásu

zvětšíme koeficientem $\zeta = 1,3 - 2$, podle této zvětšené síly dimenzujeme pás.

Uvedené výkonnosti platí pro dopravu nehomogenních materiálů obecně, doporučený výpočet výkonnosti pro pásové dopravníky je uveden v ČSN ISO 5048.

Objemová výkonnost pásového dopravníku:

$$Q_0 = S \cdot v [m^3/s] \quad (17.)$$

$Q_0 [m^3/s]$ počet objemových jednotek dopravených za sekundu (za hodinu)

$S [m]$ průřez (plocha) dopravovaného materiálu kolmá k vektoru rychlosti dopravy

$v [m/s]$ rychlost dopravovaného materiálu

Hmotnostní výkonnost pásového dopravníku:

$$Q_m = Q_0 \cdot \rho_v = S_v \cdot v \cdot \rho_v [kg/s] \quad (18.)$$

$Q_m [kg/s]$ počet hmotnostních jednotek dopravených za sekundu (též tuny za hodinu)

$\rho_v [kg/m^3]$ objemová hmotnost materiálu - respektuje mezery mezi zrny, póry i dutiny

Pro výpočet výkonu nového motoru byl použit program firmy Heliox, který po zadání všech nezbytných údajů o pásovém dopravníku, druhu přepravovaného materiálu, jeho množství a rychlosti dopravy, vše vyhodnotil a určil potřebný výkon na 185 kW.

Conveyor Design Summary Report			●Helix TECHNOLOGIES
12/04/2011 8:57:20 AM	Conveyor Design Summary		
Conveyed Material			
Material Description		COAL ÚPRAVNA DARKOV	
Low Bulk Density	900 kg/m ³	High Bulk Density	900 kg/m ³
Angle of Repose	20 deg	Surcharge Angle	15 deg
Material Lumpsize	100 mm	Uniform / Mixed Material Mixed Material	
Conveyer Data			
Conveying Distance	157,28 m	Design Capacity	1,000 tonnes/h
Nett Lift / Lower (-)	43,65 m	Belt Speed	1,45 m/s
Belt Details			
Belt Width Selected	1,400 mm	Belt Percentage Full	101 %
Belt Class / Plies	1250/3	Top Cover Thickness	4 mm
Belt Rated Tension	125 kN/m	Bottom Cover Thickness	2 mm
Belt Plies	3	Belt Mass	22,09 kg/m
Belt Tensions and Power Calculations ISO			
Effective Tension-Fully Loaded	95,94 kN	Belt Power - Empty Belt	7,64 kW
Maximum Tension Tmax	161,81 kN	Belt Power - Inclines Loaded	139,11 kW
Minimum Tension Tmin	59,34 kN	Belt Power - Declines Loaded	8,24 kW
Sag Tension 1,5 %	17,46 kN	Belt Power - Fully Loaded	139,11 kW
Takeup Type	Horizontal Gravity	Drive Efficiency (Ave)	95 %
Takeup Mass	12,126 kg	Absorbed Power (Fully Loaded)	146,39 kW
		Installed Power	185 kW
Carry and Return Idlers			
Carry Idler Trough Angle	35 deg	Return Idler Trough Angle	10 deg
Carry Idler Spacing	1 m	Return Idler Spacing	3 m
Carry Idler No Rolls x Dia	3 x 133 mm	Return Idler No Rolls x Dia	2 x 152 mm
Dynamics and Miscellaneous Data			
Start-up Factor - Fully Loaded	140 %	CEMA Temperature Factor Kt	1
Start-up Factor - Empty	140 %	Total Braking Torque LSS	0 kNm
Starting Time - Fully Loaded	0,95 sec	Stopping Time - Loaded, Braking	0,77 sec
Starting Time - Empty	0,19 sec	Stopping Time - Loaded, Coasting	0,77 sec

Tabulka 3 - výpočet potřebného výkonu motoru

Po určení potřebného výkonu na 185 kW, se situace změnila a jako další vhodný motor se jevil asynchronní motor firmy SEW s těmito parametry:

508 058,00 DRE315L4BE122/FE/EH7C/V/NIB/RI [4]

Otáčky motoru A [r/min]:	1482
Výkon motoru [kW]:	200
Frekvence [Hz]:	50
Druh provozu S1-S10:	S1
Napětí motoru [V] / Zapojení:	290/500 D/Y
Poznámka:	001
Jmenovitý proud [A]:	475,00 / 275,00
Schéma zapojení:	R13 / 680010306
cos phi:	0,89
Třída izolace / Krytí (IP):	155(F) / 65
Třída účinnosti:	IE2
Brzda:	BE122B
Napětí brzdy [V] / Moment [Nm]:	500 AC / 2000
Brzdový usměrňovač:	BMP3.1
Schéma zapojení brzdy:	B108 / 690230007
Cizí ventilátor:	V = Cizí ventilátor
Cizí ventilátor - napětí [V]:	3x 200...290 VAC, 50Hz, Trojúhelník nebo 3x 346...500 VAC, 50Hz, Hvězda nebo 3x 220...330 VAC, 60Hz, Trojúhelník nebo 3x 380...575 VAC, 60Hz, Hvězda
Objem vzduchu [m3/h]:	2500
Cena:	500tis. Kč

Vzhledem k nižší ceně a skutečnosti, že firma SEW už dodávala i převodovku a nabídla výhodný následný servis, rozhodl jsem, že jako nejvhodnější bude výběr motoru firmy SEW.

Dalším logickým krokem v rekonstrukci pohonu byl výběr měniče kmitočtu s parametry odpovídajícími výkonům vybraného motoru. Vzhledem k tomu, že na úpravně dolu Darkov používáme pouze měniče frekvence firmy Danfos, byla i v tomto případě volba jasná. Po pečlivém výběru a zvážení všech hledisek jsem na doporučení zvolil produkt firmy Danfos:

měníč kmitočtu VLT AutomationDrive FC 302 [6]

měníč kmitočtu pro konstantní zátěžný moment

určeno pro použití v průmyslu na dynamických aplikacích a servopohonech

jmenovitý výkon motoru: 250 kW

jmenovitý výstupní proud při 3 x 440-500 VAC (jen FC302): při 250 kW: 443,00 A

přetížitelnost (60 s): 160% jmenovitého proudu při 250 kW

jmenovité napájecí napětí: 3 x 380 - 500 VAC +/- 10%

skříň: Kompakt; krytí: IP 21

RFI filtr dle EN 61 800-3, kategorie C3

s integrovaným brzdovým choprem

LCP: s grafickým displejem LCP 102 - čeština

s přídatným lakováním plošných spojů

B-příslušenství: modul rozšiřujících vstupů/výstupů MCB 101

tlumivka je vestavěna v DC meziobvodu

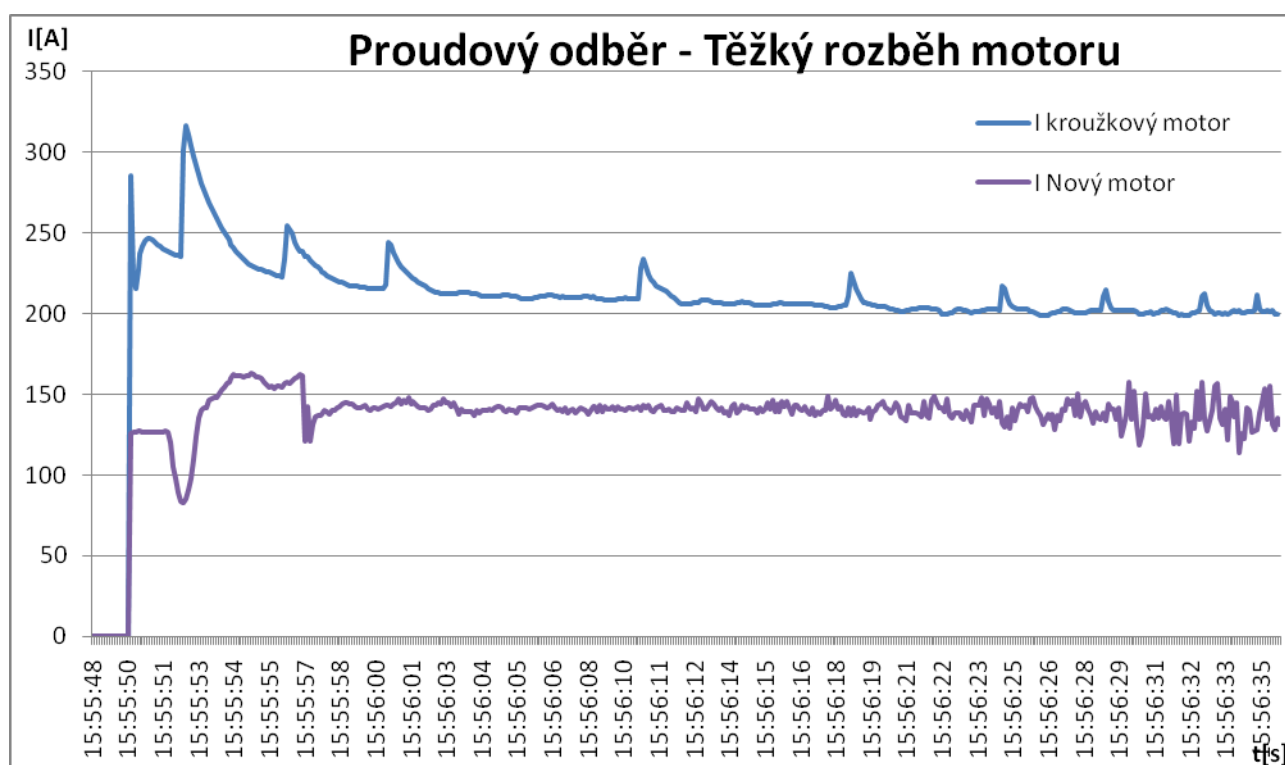
max. teplota okolí bez odlehčení výkonu 50°C

6 Grafy naměřených hodnot

Hodnoty byly naměřené jak při lehkém provozu s minimem materiálu, tak při provozu těžkém, kdy na dopravníku bylo maximální množství materiálu. Na původním motoru jsem byl schopen naměřit pouze proudové hodnoty (měřeno pomocí PLC AMIT) na novém motoru jsem již mohl využít jak digitálního signálu na PLC SIMATIC S7, tak signálů snímaných přímo měničem frekvence Danfos. Veškeré hodnoty jsem následně zpracoval a exportoval do databázového formátu pomocí programu PLC-ANALYZER pro 5.

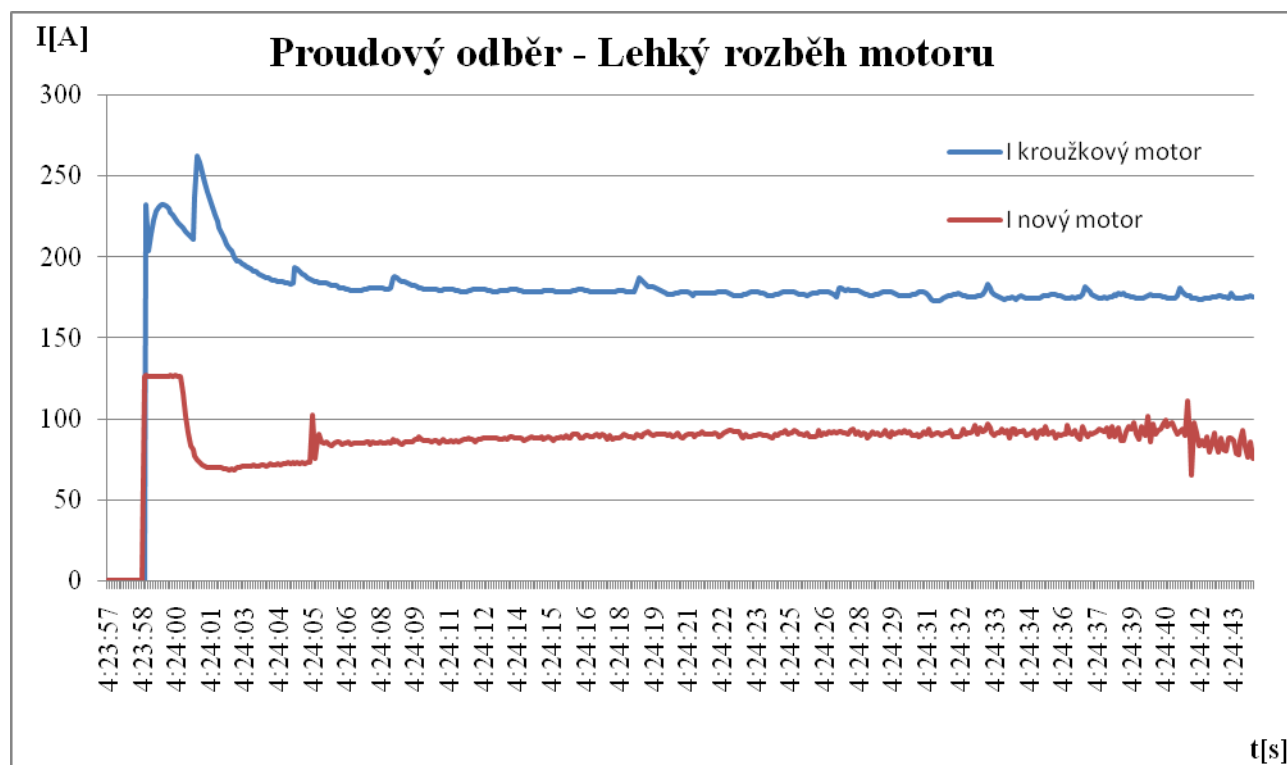
6.1 Porovnání rozběhů původní vs. nový motor

Na prvním grafu můžeme vidět, jak odporový spouštěč odpojoval při rozjezdu jednotlivé odpory. Odběr byl špičkově nad 300A. Celý rozběh není plynulý a doba rozběhu je takřka minutová. Na rozdíl od původního pohonu nový pohon řízený měničem frekvence má mnohem menší odběr, celý průběh je plynulejší.



Graf 1 Proudový odběr - Těžký rozběh motoru

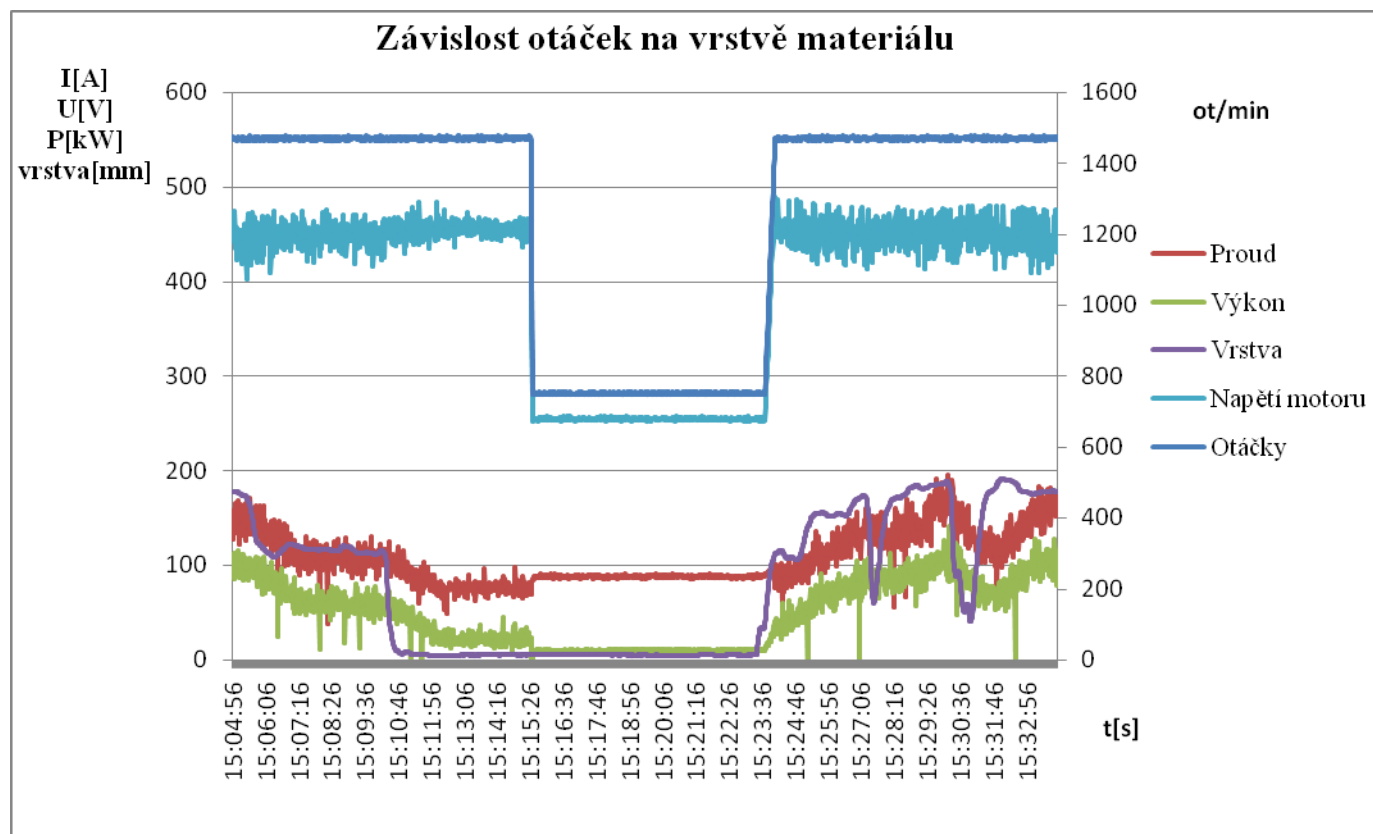
Druhý graf nám ukazuje opět porovnání proudových odběrů, tentokrát s minimem materiálu na pásovém dopravníku. I tentokrát jsou rozdíly jednoznačné.



Graf 2 Proudový odběr - Lehký rozběh motoru

6.2 Regulace nového pohonu podle vrstvy materiálu

Na posledním grafu můžeme názorně vidět závislost otáček, napětí a proudu na vrstvě materiálu na pásovém dopravníku. Program je nastaven tak, že po naměření minimální hladiny materiálu ultrazvukovým hladinoměrem, sníží se zpožděním 5 minut otáčky dopravníku na poloviční hodnotu. Tím se při nerovnoměrném zatěžování pásového dopravníku docílí úspornějšího provozu i zrovnoměnění zavážení materiálu do zásobníku.



Graf 3 Závislost otáček na vrstvě materiálu

7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vhodně navrhnout, prakticky realizovat a následně vyhodnotit, pohon šikmého pásového dopravníku.

Vzhledem k tomu, že původní pohon pásového dopravníku již nesplňoval požadavky provozovatele, bylo nutné navrhnout pohon nový. Tento pohon, který je prvním z řady dalších plánovaných rekonstrukcí, musel splňovat řadu předpokladů. V první řadě bezpečnostní a provozní předpisy. Mezi další důležité parametry patřila spolehlivost, životnost, dobrá regulovatelnost a v neposlední řadě cena a dostupnost následného servisu a náhradních dílů.

Po vyhodnocení všech těchto aspektů jsem se rozhodoval mezi dvěma asynchronními motory. A to mezi motorem firmy Siemens o výkonu 250kW a firmy SEW 200kW. Měl jsem k dispozici výpočet potřebného výkonu motoru pro daný pásový dopravník, který zhotovila nezávislá firma. U pásových dopravníků s nosnými válečky se výpočet výkonu a tahových sil provádí dle ČSN ISO 5048. Z toho důvodu jsem se mohl rozhodnout pro motor s nižším výkonem. Tento motor firmy SEW splňoval veškeré požadavky, převodovka byla dodávána stejnou firmou a i nabídka ceny a následného servisu mluvíla ve prospěch tohoto zařízení.

Výběr měniče frekvence byl ulehčen tím, že na dole Darkov se používají frekvenční měniče pouze firmy Danfos. S dobrými zkušenostmi se používají na šnekových dopravnících a čerpadlech. Proto jsem zde vybral na doporučení firmy Danfos frekvenční měnič se jmenovitým výkonem 250kW.

Výběrem těchto komponent se z elektrotechnického hlediska zkompletoval celý pohon. Celkové řešení je zřejmé z projektové dokumentace, která je součástí této bakalářské práce v části přílohy.

Po realizaci celého pohonu, která obnášela výměnu motoru s převodovkou, kompletní přezbrojení silového rozvaděče, montáž měniče frekvence a PLC Simatic S7, instalaci dvou kusů ultrazvukových snímačů hladiny a bezpečnostních prvků jsem mohl provést samotné měření a vyhodnocení naměřených hodnot. Měření jsem provedl na PLC Simatic S7 přes rozhraní profibus a veškeré hodnoty jsem zaznamenal a následně převedl do Excelu pomocí programu PLC Analyzer. Snažil jsem se získat různorodé hodnoty pro lepší představu o proudových odběrech za různých situací. Porovnávám tak starý a nový pohon při maximálním i minimálním zatížení a v posledním grafu vyhodnocuji běžný provoz na novém pohonu.

Z naměřených hodnot jsou zřetelně vidět nedostatky kroužkových motorů s odporovým spouštěčem. Průběh proudu je skokový, se špičkou až přes 300A, celý rozběh trvá takřka minutu. Naproti tomu je průběh proudu synchronního motoru řízeného měničem frekvence mnohem plynulejší, rozběh má jak při zatíženém, tak při odlehčeném pásovém dopravníku podobný průběh a i doba rozběhu je mnohem kratší.

U posledního grafu se snažím naznačit možnosti měniče frekvence v součinnosti s ultrazvukovými hladinoměry. Předpoklad do budoucna je plynulá regulace dle vrstvy materiálu na pásovém dopravníku. Momentálně se podařilo zkušebně realizovat „pouze“ regulaci při minimální vrstvě materiálu, kdy po pěti minutách dopravník zpomalí na poloviční otáčky.

Závěrem bych shrnul všechny klady i zápory asynchronních motorů napájených měničem frekvence. Díky klesající ceně a vzrůstající dostupnosti se stává použití frekvenčních měničů masovou záležitostí. Mezi hlavní výhody patří úspora elektrické energie, vysoká účinnost, možnost řízeného rozběhu i doběhu, přesná a rychlá regulace, vysoký dosažitelný moment. Díky šetrnějšímu spouštění a plynulé regulaci je menší opotřebení a tím i delší životnost a nižší náklady na údržbu zařízení.

Výhody převládají nad nevýhodami, ale přece jen je nutno řešit i je. Je to především problém cizího chlazení pro odvádění tepla při nižších otáčkách, nárůst ztrát vířivými proudy při vyšších frekvencích a problematika elektromagnetické kompatibility.

8 Seznam použité literatury a podkladů:

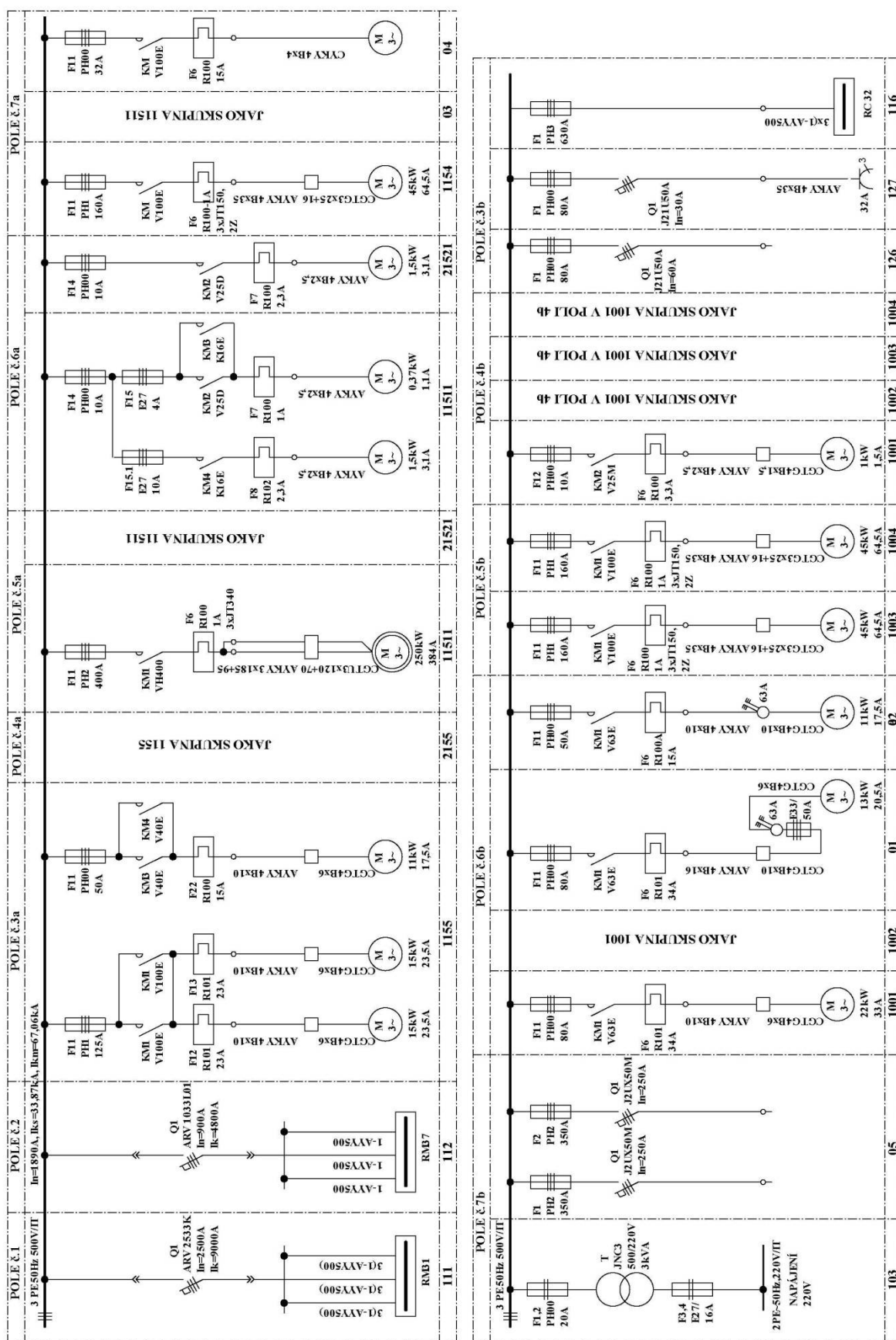
- [1] Fencel, F. *Elektrický rozvod a rozvodná zařízení*. Praha: České vysoké učení technické, 2009. 198 s.
- [2] Mravec, R. *Elektrické stroje a přístroje: Elektrické stroje Část I* Praha: SNTL, 1979. 255s.
- [3] Napaz, a.s. IZOMET. *[katalogová dokumentace]* .
- [4] SEW EURODRIVE CZ, a.s. Motor. *[katalogová dokumentace]* .
- [5] SEZ ČESKÁ REPUBLIKA, a. s. Odporový spouštěč SPD 3. *[katalogová dokumentace]* .
- [6] Danfoss, a.s. měnič kmitočtu VLT AutomationDrive FC 302 . *[katalogová dokumentace]* .
- [7] KAŠPÁREK, Jaroslav. Dopravní a manipulační zařízení, Pro posluchače bakalářského studia VUT FSI v Brně. *[PDF dokument]*.
- [8] ČESKÁ NORMA: ČSN ISO 5048. Zařízení pro plynulou dopravu nákladů PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY A NOSNÝMI VÁLEČKY. Výpočet výkonu a tahových sil. Český normalizační institut, 1993.

9 Seznam příloh

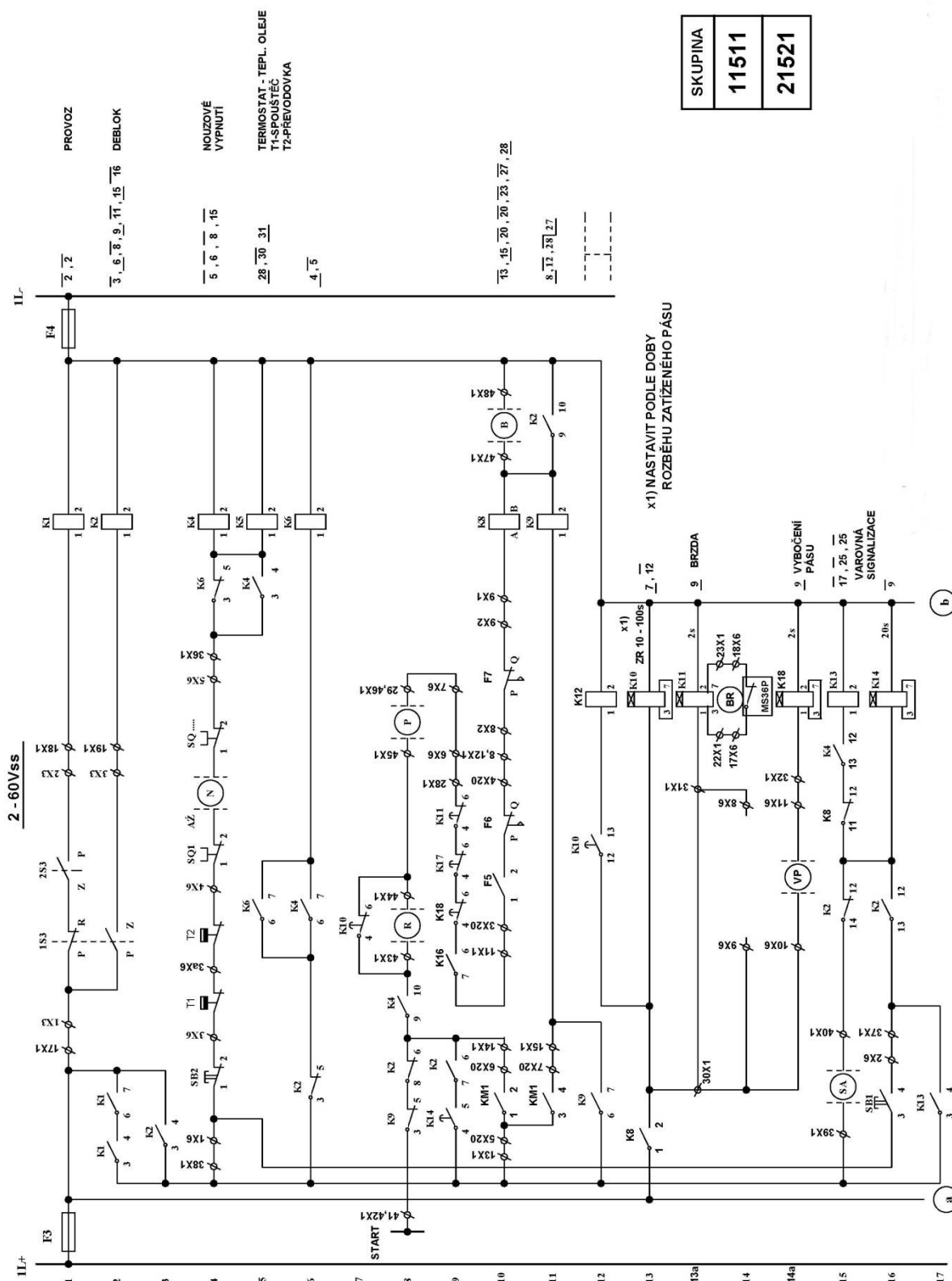
Příloha 1 Jednopolové schéma rozvaděče RM 32.....	II
Příloha 2 Řádkové schéma dopravník se spouštěčem část 1.....	III
Příloha 3 Řádkové schéma dopravník se spouštěčem část 2.....	IV
Příloha 4 Kabelové propojení zařízení.....	V
Příloha 5 Hlavní pohon dopravníku.....	VI

10 Přílohy

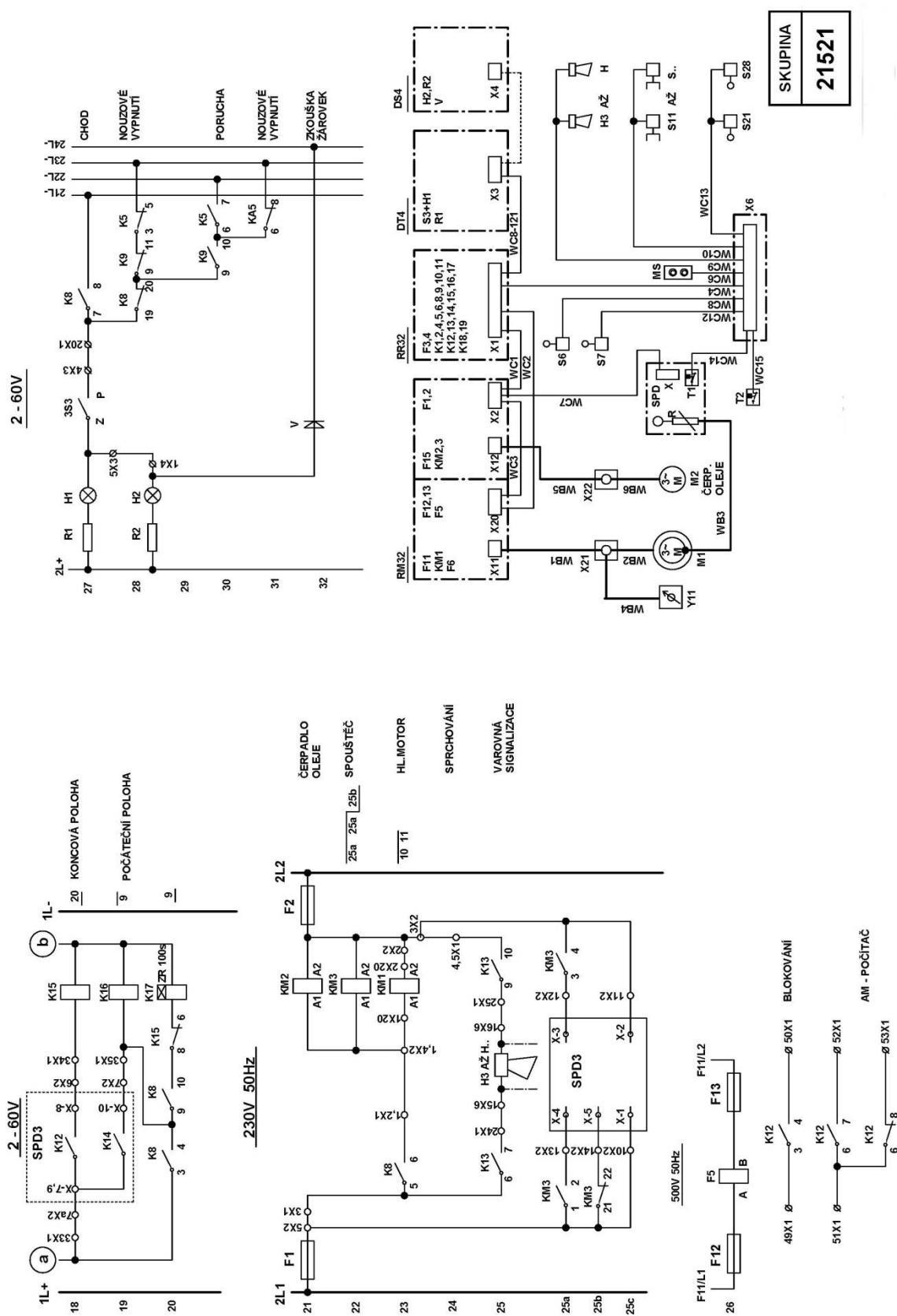
JEDNOPÓLOVÉ SCHÉMA ROZVADĚČE RM32



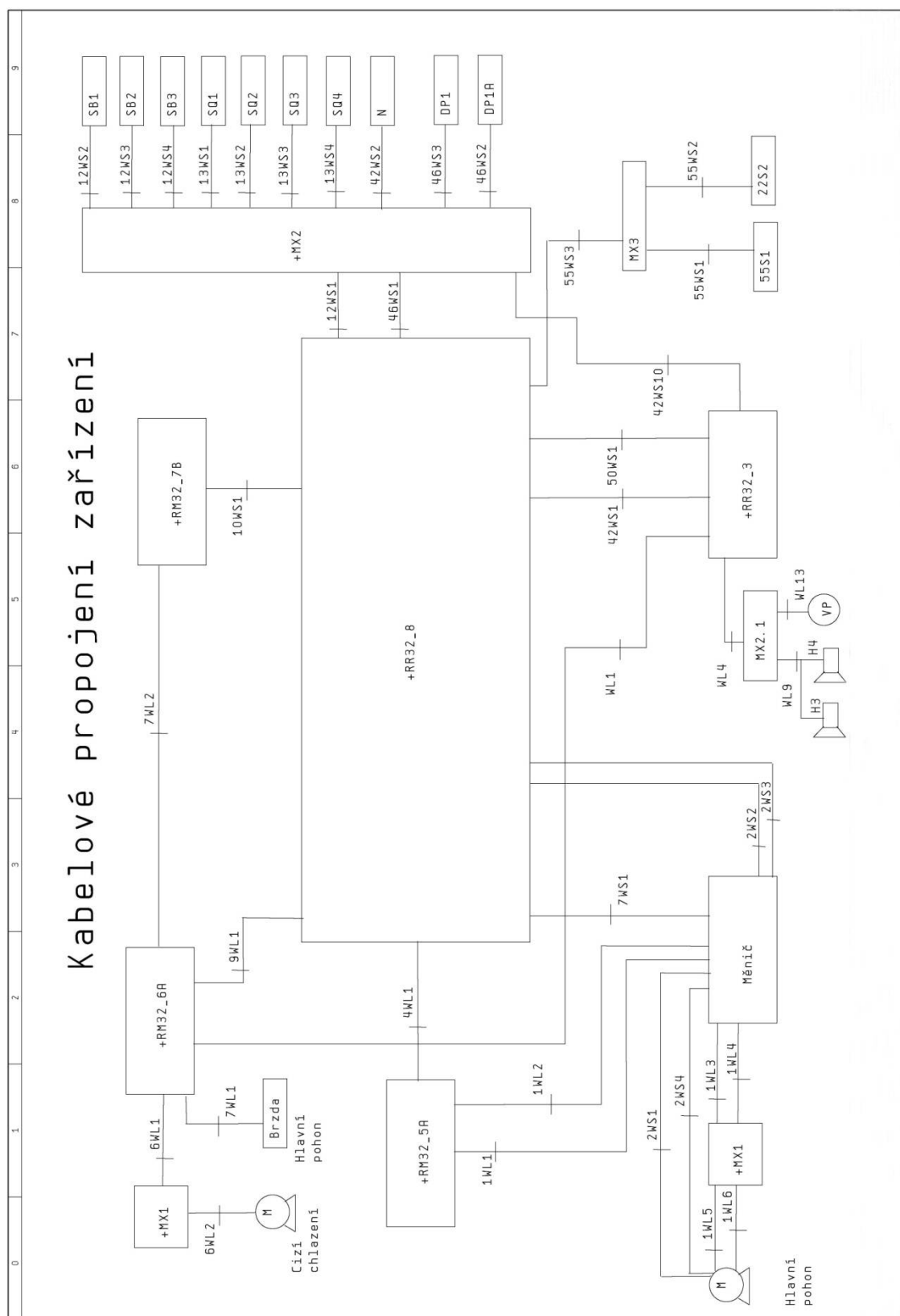
Příloha 1 Jednopolové schéma rozvaděče RM 32



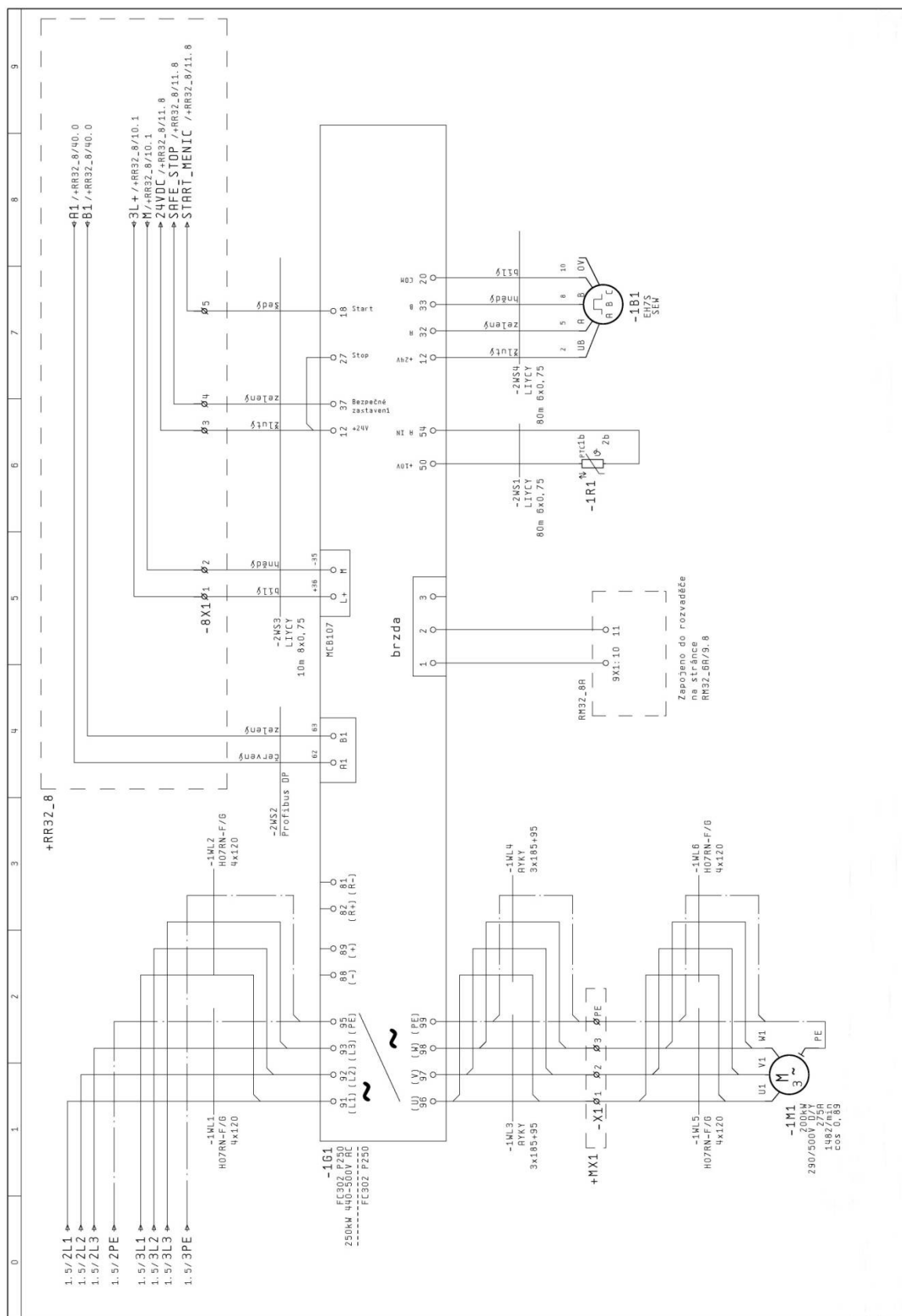
Příloha 2 Řádkové schéma dopravník se spouštěčem část 1.



Příloha 3 Řádkové schéma dopravníků se spouštěčem část 2.



Příloha 4 Kabelové propojení zařízení



Příloha 5 Hlavní pohon dopravníku